

**IMPLEMENTASI FILTER AKTIF *SHUNT* UNTUK MEREDUKSI
TOTAL HARMONIC DISTORTION (THD) DI PT INDANA PAINT
MALANG MENGGUNAKAN *SOFTWARE* PSCAD/EMTDC**

SKRIPSI



Oleh :

CATUR FITRIYO ANTONO SASMITO NUGROHO

1212026

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

IMPLEMENTASI FILTER AKTIF *SHUNT* UNTUK MEREDUKSI *TOTAL HARMONIC DISTORTION (THD)* DI PT. INDANA PAINT MALANG MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC*

SKRIPSI

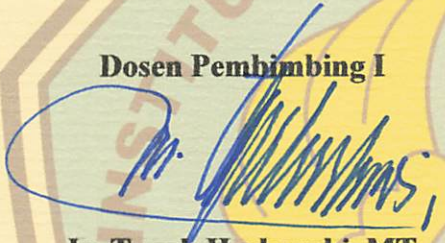
*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan
guna mencapai gelar Sarjana Teknik*

Disusun oleh :

CATUR FITRIYO ANTONO SASMITO NUGROHO
NIM : 1212026

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Dosen Pembimbing II



Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT
NIP.P. 1031400472



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1


M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Catur Fitriyo Antono Sasmito Nugroho

NIM : 1212026

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dan apabila dikemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 28 Agustus 2016

Yang membuat pernyataan



Catur Fitriyo Antono S. N.

NIM : 1212026

Lembar persembahan

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmad dan karunia-Nya telah kau berikan aku kekuatan, kesehatan, dan hidayah sehingga penulisan laporan ini terselesaikan dengan baik menurut saya.

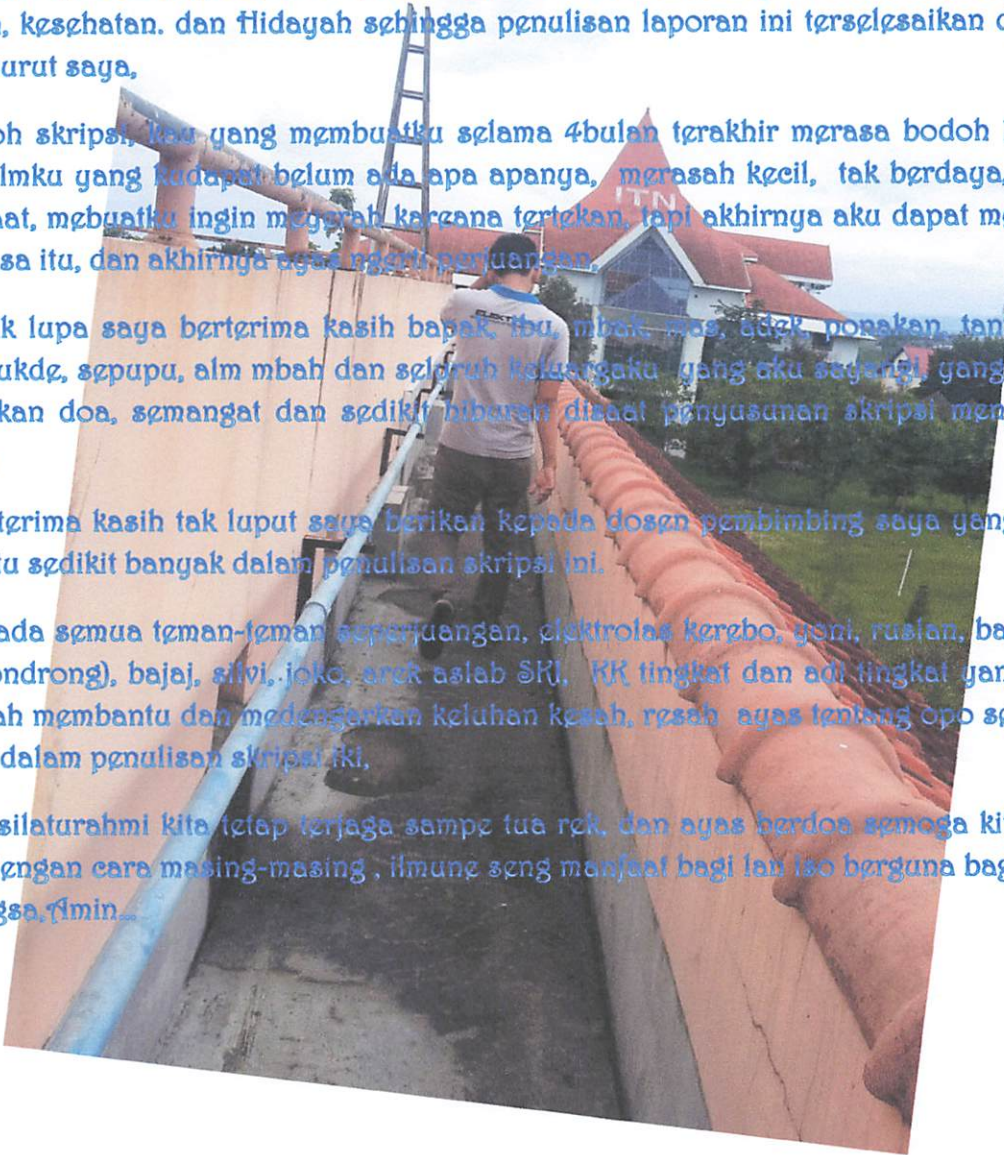
Skripsi oh skripsi, kau yang membuatku selama 4bulan terakhir merasa bodoh karena merasa ilmu yang kudapat belum ada apa apang, merasah kecil, tak berdaya, galau setiap saat, membuatku ingin menyerah karena tertekan, tapi akhirnya aku dapat melewati masa masa itu, dan akhirnya agas ngerti perjuangan.

Dan tidak lupa saya berterima kasih bapak, ibu, mbak mas, adek ponakan, tante, om, pakde, bukd, sepupu, alm mbah dan seluruh keluargaku yang aku sayang, yang selalu memberikan doa, semangat dan sedikit hiburan disaat penyusunan skripsi mengalami kendala.

Ucapan terima kasih tak luput saya berikan kepada dosen pembimbing saya yang telah membantu sedikit banyak dalam penulisan skripsi ini.

Dan kepada semua teman-teman seperjuangan, elektrolas kerzbo, goni, ruslan, bagus R, hedra(gondrong), bajaj, silvi, joko, arek aslab SKI, KK tingkat dan adi tingkat yang Dlls yang telah membantu dan mendengarkan keluhan kesah, rrsah agas tentang opo sng tak rasakno dalam penulisan skripsi iki.

semoga silaturahmi kita tetap terjaga sampe tua rek, dan agas berdoa semoga kita bisa sukses dengan cara masing-masing, ilmunu sng manfaat bagi lau lso berguna bagi nusa dan bangsa, Amin...



ABSTRAK

IMPLEMENTASI FILTER AKTIF *SHUNT* UNTUK MEREDUKSI TOTAL HARMONIC DISTORTION (THD) DI PT. INDANA PAINT MALANG MEGGUNAKAN *SOFTWARE* PSCAD/EMTDC

Catur Fitriyo Antono Sasmito Nugroho (1212026)

Dosen Pembimbing I : Ir. Teguh Herbasuki, MT

Pembimbing II : Lauhil Mahfudz Hayusman, ST., MT

Gangguan harmonisa yang sering terjadi pada industri dikarenakan oleh banyaknya pemakain beban non linear seperti pemakain peralatan elektronika, VSD, dan motor induksi yang dapat menyebabkan beberapa dampak seperti diantaranya kerusakan pada CB sehingga terjadi kesalahan kordinasi pada relay proteksi, meningkatnya rugi-rugi pada konduktor, trafo, motor, dll. Hasil pengukuran pada *Main Distribution Panel* (MDP) PT. Indana Paint Malang memiliki *Total Harmonic Distortion* tegangan (THDv) sebesar 3.34% dan harmonisa arus (THDi) sebesar 16.5% mengacu pada stadarisasi IEEE 159-1992 bahwa untuk harmonisa tegangan $V_{rms} \geq 69$ kV adalah ≤ 5 % dan untuk harmonisa arus $V_{rms} \geq 69$ kV dengan arus beban maksimal antar 100-1000 A adalah ≤ 15 % maka dapat disimpulkan untuk harmonisa tegangan telah sesuai stadarisasi sedangkan untuk harmonisa arus tidak sesuai stadarisai. Untuk mereduksi arus harmonisa digunakn filter aktif *Shunt* dengan metode teknologi elektronika untuk menghasilkan arus spesifik. Pemodelan sistem kelistrikan pada *software* (*Power System Computer Aided Design*) PSCAD/EMTDC tanpa filter aktif *shunt* didapat THDi sebesar 15.5 % THDv 5% dan dengan terpasang filter aktif *shunt* pada panel utama THDi menjadi 5.08 % dan THDv menjadi 3.14%.

Kata kunci : Harmonisa arus, Filter Aktif *shunt*. Analisis Harmonisa

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmat- Nya sehingga penyusun laporan skripsi ini dapat diselesaikan .

Selesainya laporan skripsi ini berkat bantuan berbagai pihak, untuk itu disampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas ITN Malang.
3. Bapak M. Ibrahim Ashari ST, MT selaku Ketua Progam Studi Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
4. Bapak Ir Teguh Herbasuki ,MT selaku Dosen Pembimbing I Skripsi
5. Bapak Lauhil Mahfudz Hayusman, ST,MT selaku Dosen Pembimbing II Skripsi
6. Bapak Yanto selaku Manajer PT. Indana Paint Malang
7. Bapak Edy Sujoko selaku Teknisi PT. Indana Paint Malang
8. Kedua orang tua dan rekan-rekan yang tidak kami sebutkan satu persatu, saya ucapkan banyak terima kasih atas bantuan dalam proses pengerjaan.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada laporan skripsi ini, oleh karna itu penulis mengharapkan saran dan keritik yang membangun dari berbagai pihak agar skripsi ini menjadi lebih sempurna.

Akhir kata semoga laporan skripsi ini bermanfaat.

Malang , 7 Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Harmonisa	4
2.1.1 Deret Fourier	5
2.1.2 Standar harmonisa	6
2.2.3 Sumber harmonisa.....	7
2.2 Pengaruh Harmonisa	9
2.2.1 Pengaruh harmonisa pada kompenen peralatan listrik	9
2.2.2 Pengaruh harmonisa pada motor	11
2.2.3 Pengaruh harmonisa pada factor daya.....	12
2.2.4 Pengaruh harmonisa pada sistem telekomunikasi	12
2.2.5 Pengaruh harmonisa pada sitstem tegangan	13
2.2.6 Identifikasi harmonisa	14
2.3 Indek Harmonisa	14
2.3.1 <i>Total Harmonic Distortion (THD)</i>	14
2.4 Filter Harmonisa.....	15
2.4.1 Tipe Filter	16
2.5 <i>Power System Computer Aided Design (PSCAD/EMTDC)</i>	20

BAB III SISTEM KELISTRIKAN PT INDANA PAINT MALANG 22

3.1 Algoritma Penelitian 22

3.2 *Flowchart* Simulasi Menggunakan *Software PSCAD/EMTDC* 23

 3.2.1 *Flowchart* Penyelesaian Masalah..... 23

3.3 Sistem Kelistrikan 20 kV PT. Indana Paint Malang 24

3.4 Pemodelan Sistem Kelistrikan Pada *Software PSCAD*..... 28

 3.4.1 Memulai *PSCAD/EMTDC Power Simulation*..... 28

 3.4.2 Input Data Penelitian 30

BAB IV ANALISA HASIL..... 36

4.1 Analisa Hasil Pengukuran 36

4.2 Pemodelan *Single Line* PT. Indana Paint Malang 37

4.3 Hasil Simulasi *Harmonic Analysis* Tanpa Filter Aktif *Shunt* 38

4.4 Hasil Simulasi Terpasang Filter Aktif *Shunt*..... 40

4.5 Hasil Perbandingan Tanpa dan Terpasang Filter Aktif *Shunt* 43

BAB V PENUTUP 46

5.1 Kesimpulan..... 46

5.2 Saran..... 46

DAFTAR PUSTAKA 47

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Bentuk Gelombang Harmonisa	4
Gambar 2.2	Rangkaian <i>Variable Speed Drive</i> (VSD).....	8
Gambar 2.3	Perbandingan Sinyal Sinusoidal dengan Berharmonisa	12
Gambar 2.4	Rangkaian Distribusi Sederhana	13
Gambar 2.5	Pemasangan Filter Harmonisa.....	15
Gambar 2.6	(a) <i>Series Passive Filter</i> (b) <i>Paralel Passive Filter</i>	16
Gambar 2.7	Skema Filter Aktif Konvensional.....	17
Gambar 2.8	<i>Series Aktive Filter</i>	18
Gambar 2.9	<i>Shunt Aktive Filter</i>	19
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Penyelesain Masalah.....	23
Gambar 3.2	<i>Single Line</i> PT. Indana Paint Malang.....	25
Gambar 3.3	Tampilan Awal <i>Software PSCAD/EMTDC</i>	28
Gambar 3.4	Tampilan <i>Worksspace</i>	29
Gambar 3.4	Tampilan <i>Master Library</i>	29
Gambar 3.6	Tampilan Trafo	30
Gambar 3.7	Tampilan Input Data Trafo	30
Gambar 3.8	Tampilan Motor.....	31
Gambar 3.9	Tampilan Inputan Data Motor	31
Gambar 3.10	Tampilan Beban Office	32
Gambar 3.11	Tampilan Inputan Data Beban Office.....	32
Gambar 3.12	Tampilan Pemodelan <i>VSD</i>	33
Gambar 3.13	Tampilan Konfigurasi Filter Aktif.....	33
Gambar 3.14	Tampilan Konfigurasi Sistem Kontrol	34
Gambar 3.15	Rangkaian Kontrol	34
Gambar 4.1	Pemodelan <i>Single line</i> PT. Indana Paint Malang Pada PSCAD.....	37
Gambar 4.2	Grafik keluaran Arus dan Tegangan Tanpa Filter Aktif <i>shunt</i>	38
Gambar 4.3	Spektrum Harmonisa Arus dan tegangan Tanpa Filter Aktif <i>Shunt</i>	39
Gambar 4.4	THDi dan THDv (%) tanpa Filter Aktif <i>Shunt</i>	40

Gambar 4.5 Pemodelan *Single Line* Terpasang Filter Aktif *Shunt* pada MDP 40

Gambar 4.6 Grafik Keluaran Arus dan Tegangan Terpasang Filter Aktif *Shunt* 41

Gambar 4.7 Spektrum Arus dan Tegangan Harmonisa Terpasang Filter Aktif *Shunt*..... 42

Gambar 4.8 THDi dan THDv (%) Terpasang Filter Aktif *Shunt* 42

DAFTAR TABEL

Nomer	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Standar Harmonisa Tegangan	6
Tabel 2.2	Standar Harmonisa Arus	6
Tabel 2.3	Sumber Harmonisa dan Orde Harmonisa	7
Tabel 3.1	Data Trafo PT. Indana Paint Malang	26
Tabel 3.2	Data Beban PT. Indana Paint Malang	27
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran THD dilapangan	36
Tabel 4.2	Peforma Sistem (Arus) Tanpa dan Terpasang Filter Aktif <i>Shunt</i>	43
Tabel 4.3	Peforma Sistem (Tegangan) Tanpa dan Terpasang Filter Aktif <i>Shunt</i>	43
Tabel 4.4	Peforma Sistem Perbandingan (Arus dan Tegangan) Tanpa dan Terpasang Filter Aktif <i>Shunt</i>	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik ada dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan atau beban bersifat resistif sedangkan beban non linier adalah bentuk gelombang keluarannya yang tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus sehingga bentuk gelombang keluaran arus maupun tegangan keluaran tidak sama atau tidak sebanding dengan gelombang masuk (mengalami distorsi/harmonisa) beban bersifat kapasitif dan induktif. Perlatan elektronika seperti konverter, lampu fluorescent, komputer, pengendali kecepatan motor, motor listrik dan lain-lain tergolong beban non linear.

Harmonisa akan menimbulkan beberapa dampak seperti meningkatkan rugi-rugi pada penghantar, terjadinya *error* pembacaan pada KWH meter tidak berkerjanya peralatan proteksi pada sistem tenaga listrik, timbulnya arus pada kabel netral serta membuat faktor daya menjadi rendah. Untuk menanggulangi gangguan harmonisa perlu adanya pemasangan filter untuk mereduksi harmonisa dari suatu sistem tenaga agar penyebaran harmonisa ke seluruh sistem dapat ditekan sekecil mungkin. Terdapat dua jenis filter pasif dan aktif. Filter pasif terdiri dari komponen induktor dan kapasitor yang bertujuan untuk menghasilkan resonansi yang tinggi untuk meredam harmonisa yang tinggi sedangkan filter aktif menggunakan metode teknologi elektronika daya untuk menghasilkan arus spesifik yang bertujuan untuk menggagalkan arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban non linear. Filter aktif ada dua yaitu filter aktif *series* berfungsi untuk mereduksi harmonisa tegangan dan filter aktif *shunt* berfungsi untuk mereduksi harmonisa arus.

PT. Indana Paint adalah perusahaan dari PT. Inti Daya Guna Aneka Warna yang bergerak di bidang Paint Factory & Industrial Coating, memproduksi berbagai jenis cat seperti semen warna, kalkarium, plamir tembok, flinkote, dan

cat tembok. Terletak di wilayah Jawa Timur tepatnya di Jalan Laksda Adi Sucipto 456 Malang. Pabrik ini menggunakan motor induksi tiga fasa dalam jumlah yang banyak yaitu 33 motor untuk menunjang produksi. Hal ini tanpa sadar dapat menimbulkan gangguan harmonisa. .

Hasil survey lapangan pada tanggal 16 Maret dengan cara pengukuran THD (*Total Harmonic Distortion*) menggunakan clamp on merek HIOKI 33286-20 pada panel utama didapat data harmonisa tegangan sebesar 3.4% dan harmonisa arus sebesar 16.5 % mengacu pada standarisasi IEEE 519-1992 tentang harmonisa yang diperbolehkan untuk tegangan harmonisa dengan $V_{rms} \leq 69 \text{ kV}$ adalah $\leq 5\%$ sedangkan untuk arus $\leq 15\%$ dengan arus beban maksimal antara 100-1000 A maka untuk tegangan harmonisa dibawah standarisasi sedangkan untuk masalah gangguan harmonisa arus melebihi standarisasi.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut ;

- a. Bagaimana kondisi harmonisa di PT. Indana Paint Malang
- b. Bagaimana cara meminimalkan gangguan harmonisa yang ditimbulkan beban non linear di PT. Indana Paint Malang.
- c. Bagaimana cara memodelkan filter aktif *Shunt* pada sistem kelistrikan PT. Indana Paint Malang
- d. Membandingkan nilai harmonisa sebelum dan sesudah pemasangan filter aktif *Shunt*

1.3 Tujuan

Pemasangan Filter Aktif *shunt* untuk mereduksi arus harmonisa di PT. Indana Paint Malang sehingga memenuhi standat IEEE std. 519-1992 yaitu $\leq 15\%$ menggunakan software *PSCAD/EMTDC* dan membandingkan hasil THDi sebelum dan sesudah pemasangan.

1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas, maka ruang lingkup pembahasan adalah sebagai berikut:

- a. Analisis dilakukan pada sistem yang terdistorsi harmonisa
- b. Pengukuran THD harmonisa menggunakan clamp on merek HIOKI 33286-20
- c. Pemodelan Simulasi menggunakan *software PSCAD*
- d. Tidak membahas sistem proteksi
- e. Tidak membahas masalah ekonomi

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika dari pembahasan didalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan pengertian tentang teori harmonisa berupa sumber harmonisa, indeks harmonisa, *Total Harmonics Distortion (THD)*, tentang filter aktif *shunt*, *PSCAD/EMTDC*

BAB III : SISTEM KELISTRIKAN PADA PT INDANA PAINT MALANG

Bab ini menjelaskan tentang sistem kelistrkan 20 kV di PT. Indana Paint Malang

BAB IV : ANALISIS HASIL

Bab ini berisi data harmonisa dan hasil simulasi dari *PSCAD/EMTDC Power Simulation*

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisikan hasil pemodelan dari simulasi pada *software PSCAD* untuk mebandingan harmonisa sebelum dan sesudah pemasangan filter aktif *shunt* dan saran untuk pengembangan skripsi ini.

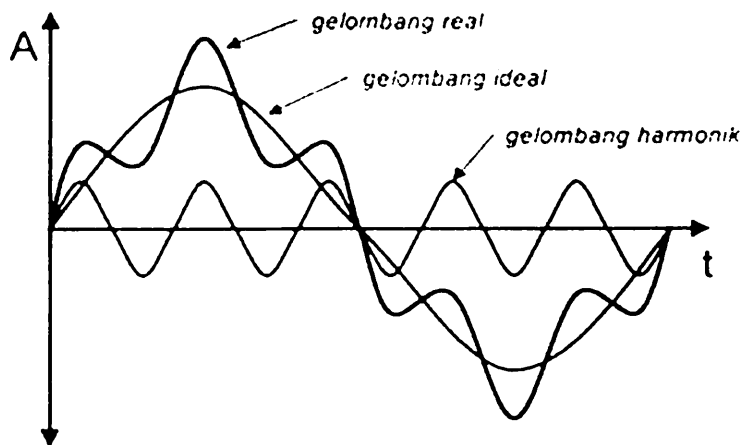
DAFTAR PUSTAKA

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Harmonisa

Harmonisa adalah distorsi periodik dari gelombang sinus tegangan, arus atau daya dengan bentuk gelombang frekuensinya merupakan kelipatan diluar bilangan satu terhadap frekuensi fundamental (frekuensi 50 Hz atau 60 Hz). Nilai frekuensi dari gelombang harmonisa terbentuk merupakan hasil kali antara frekuensi fundamental dengan bilangan harmonisanya (f , $2f$, $3f$, dst). Bentuk gelombang yang terdistorsi merupakan penjumlahan dari gelombang fundamentalnya dan gelombang harmonisa (h_1 , h_2 , dan seterusnya) pada frekuensi kelipatannya. Semakin banyak gelombang harmonisa yang diikuti sertakan pada gelombang fundamentalnya, maka gelombang akan semakin mendekati gelombang persegi atau bentuk gelombang akan non sinusoidal. (wikipedia)



Gambar 2.1 Bentuk Gelombang Harmonisa^[1]

(wikipedia)

2.1.1 Deret Fourier

Gelombang preodik yang memiliki bentuk $f(t)=f(t + T)$ dapat dinyatakan sebagai deret Fourier bila memenuhi persyaratan:

- 1. Bila gelombang diskontinuitas, hanya terdapat jumlah diskontinuitas yang terbatas dalam periode T
- 2. Gelombang memiliki nilai rata-rata yang terbatas dalam perioda T
- 3. Gelombang memiliki jumlah maksimum dan minimum terbatas dalam periode T

Bila syarat-syarat tersebut dipenuhi, deret Fourier dapat dinyatakan dalam bentuk :

$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{h=1}^{\infty} \{a_h \cos(h\omega_0 t) + b_h \sin(h\omega_0 t)\}$ (2.1)

dengan :

$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$ (2.2)

$a_h = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(h\omega t) dt$ (2.3)

$b_h = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(h\omega t) dt$ (2.4)

Keterangan :

f_t = frekuensi harmonisa ke-t

h = nilai harmonisa

a_0 = komponen DC

a_h dan b_h = komponen AC

2.1.3 Sumber Harmonisa

Komponen-komponen sistem tenaga listrik yang dapat menimbulkan arus harmonisa hendaknya perlu diperhatikan, dengan tujuan untuk memprediksi permasalahan yang diakibatkan oleh harmonisa, sehingga sudah dapat diperkirakan cara yang tepat untuk mereduksi harmonisa tersebut dengan cara memasang filter agar dibawah standar yang ditentukan. Beberapa sumber harmonisa beserta ordenya seperti tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Sumber Harmonisa dan Orde Harmonisa

Sumber Harmonisa	Orde Harmonisa
6 Pulse Drive / Rectifier	5, 7, 11, 13, 17,19..
12 Pulse Drive / Rectifier	11, 13, 23, 25...
Switch-Mode Power Supply	3, 5, 7, 9, 11, 13...
Fluorescent / LHE	3, 5, 7, 9, 11, 13...
Arcing Device	2, 3, 4, 5, 7...
Transformer Energization	2, 3, 4

Dari Tabel 2.3 diatas dapat diketahui bahwa setiap beban non linier mempunyai orde harmonisa yang berbeda sehingga untuk penanganannya juga berbeda pula. Untuk converter dengan 6 pulsa akan membangkitkan karakteristik harmonisa pada orde 5th, 7th, 11th, 13th,.... kelipatan dari frekuensi fundamental. Untuk converter 12 pulsa akan membangkitkan karakteristik harmonisa pada orde 11th, 13th, 23th, 25th,... kelipatan dari frekuensi fundamental. Kebanyakan untuk tegangan rendah (380 Volt) tipe *variable speed drive* (VSD) banyak menggunakan 6 pulsa. Untuk jumlah pulsa yang lebih banyak 12 pulsa, 18 pulsa dan 24 pulsa masih jarang digunakan.

2.1.2 Standar Harmonisa

Standar harmonisa yang digunakan adalah IEEE std. 519-1992. Ada dua keteria yang digunakn untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Pertama adalah batasan arus harmonisa ditentukan oleh I_{SC}/I_L .

THDv adalah persentase jumlah total tegangan yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundametalnya dan THDi adalah persentase jumlah total arus yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya. (I. Daut, 2006)

Tabel 2.1 Standar Harmonisa Tegangan

Sistem Voltage	IHDv (%)	THDv (%)
$V_{rms} \leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} \leq V_{rms} \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$V_{rms} \geq 161 \text{ kV}$	1.0	1.5

(IEEE519-1922)

Tabel 2.2 Standar Harmonisa Arus

NO	I_{sc}/I_L	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	THDi(%)
Vrms ≤ 69 kV							
1	<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
2	20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
3	50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
4	100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
5	>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
69 kV < Vrms ≤161 kV							
6	<20*	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
7	20<50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
8	50<100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
9	100<1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
10	>1000	7.5	3.5	3.0	1.25	0.7	10.0
Vrms > 161 kV							
11	< 25*	1.0	0.5	0.38	0.15	0.1	1.5
12	25<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
13	>50	3.0	1.5	1.15	0.45	0.22	3.75

(IEEE519-1922)

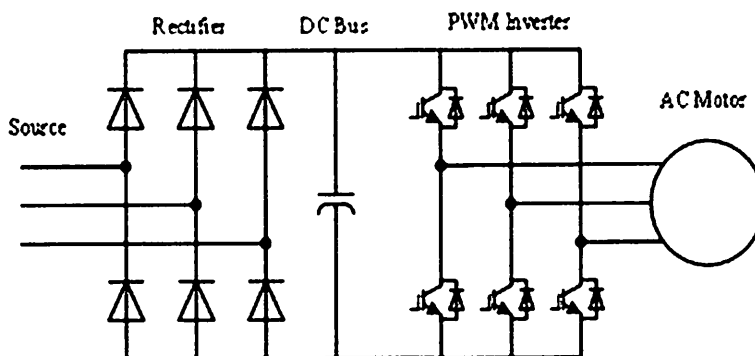
• Konverter

Kebanyakan beban yang menimbulkan cacat gelombang (*deforming loads*) adalah beban-beban yang mengandung converter (*static conveter*) seperti :

- lampu *fluorescent*,
- dimmer,
- computer,
- perangkat elektronik rumah tangga (TV, *microwave*, pemanas),
- *Charger* baterai dll.

• Variable Speed Drive (VSD)

Variable speed drive disebut juga dengan *variable frequency drive* atau disebut dengan *inverter*. Sebuah alat pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan yang masuk ke dalam motor. Pengaturan nilai frekuensi dan tegangan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran dan torsi motor yang diinginkan atau sesuai dengan kebutuhan. Secara sederhana prinsip dasar inverter untuk dapat mengubah frekuensi menjadi lebih kecil atau lebih besar yaitu dengan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian dijadikan tegangan AC lagi dengan frekuensi yang berbeda atau dapat diatur.



Gambar 2.2 Rangkaian *Variable Speed Drive (VSD)* ^[12]

- **Motor Berputar**

Motor induksi dan generator sinkron secara umum dapat menghasilkan sejumlah harmonisa. Pada generator sinkron, harmonisa disebabkan oleh kejenuhan dan distribusi fluks yang tidak sinusoidal. Sehingga terbangkit *emf* yang tidak sinusoidal yang akan menghasilkan arus harmonisa bila terbebani.

- **Transformator**

Saturable devices, seperti transformator dan peralatan elektromagnetik lainnya dengan inti besi (*steel*), termasuk juga motor-motor (mesin-mesin berputar) juga termasuk sumber harmonisa, harmonisa dibangkitkan oleh karakteristik magnetisasi besi yang non linear. Distorsi bentuk gelombang terutama disebabkan oleh harmonisa ketiga. Untuk menjaga tegangan suplai agar berbentuk sinusoidal diperlukan jalur khusus untuk arus harmonisa ketiga dan biasanya didapat dengan menggunakan belita hubung delta. Untuk alasan ekonomis, transmator biasanya dirancang dengan memakai bahan yang memiliki sifat-sifat magnetis yang baik.

2.2 Pengaruh Harmonisa

Arus harmonisa hanya akan berpengaruh pada beban yang menjadi sumber harmonisa pada sistem (beban non linear). Sedangkan tegangan harmonisa akan berpengaruh pada keseluruhan sistem.

2.2.1 Pengaruh Harmonisa Pada Komponen Peralatan Listrik

Harmonisa yang lebih banyak disebabkan karena adanya beban non linear. membuat gangguan yang cukup besar kepada peralatan distribusi listrik. Beberapa komponen yang terpengaruhi oleh harmonisa, antara lain :

a. Konduktor

Konduktor merupakan media yang dipakai untuk menyalurkan energi listrik. Arus harmonisa dapat menyebabkan rugi-rugi pada kawat penghantar bertambah. Hal ini dikarenakan pada konduktor terdapat impedansi hambatan, yang meningkatkan arus. Arus harmonisa yang mengalir tersebutlah yang menyebabkan panas. Panas tersebut semakin lama akan mengurangi daya hantarnya. Sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan rugi-rugi daya dan menurunkan efesiensi.

b. *Transformer*

Pada *transformer*, yang mengalami kerugian daya adalah pada kumparan primer, kumparan sekundernya dan inti besi (*ferromagnetic losses*). Telah diketahui bahwa arus harmonisa membuat bertambahnya kerugian daya pada penghantar yang berbentuk panas. Pada transformator berlaku sistem peginduksian, dimana bila arus berharmonisa mengalir. maka fluks magnetik pada kumparan transformatornya akan menghasilkan rugi-rugi histerisis dan *Eddy Current*. Rugi histerisis besarnya proporsional dengan harga frekuensinya dan rugi *Eddy current*nya proposional dengan kuadrat frekuensinya. Gabungan dari rugi-rugi tembaga dan inti besi akan menyebabkan transformator menjadi *overheating* dan pada akhirnya panas tersebut akan menurunkan kekuatan isolasi. Pada transformator yang digunakan oleh PLN hubungan primer dan sekundernya menggunakan delta-star, karena memiliki keuntungan dapat mencegah harmonisa deltanya (primer) masuk pada hubungan star (sekuder). Sehingga harmonisa tidak sampai masuk jaringan sekunder pada trafo tersebut.

c. *Circuit breaker*

Pada circuit breaker konvensional menggunakan panas untuk membuat kawat didalam sirkuit *breaker* tersebut menjadi panas dan pada akhirnya akan terputus. Arus harmonisa yang melewati sirkuit *breaker* tersebut masih dapat diamankan oleh sirkuit *breaker* yang konvensional. Hal ini dikarenakan panas yang terjadi karena arus harmonisa tersebut sama dengan panas yang timbul pada peralatan yang diproteksi, Namun sebagai saran penyediaan koordinasi pengaman yang baik, telah dikembangkan peralatan sirkuit *breaker* yang lebih baik. Dimana sirkuit *breaker* tersebut dioperasikan secara elektronis sehingga mampu mendeteksi level arus yang secara otomatis memutus arus apabila arus *rms* terlalu tinggi.

2.2.2 Pengaruh Harmonisa Pada Motor

Harmonisa tegangan dan arus memberikan tambahan kerugian energi pada kumparan stator, rotor, dan juga pada inti besi rotor maupun stator. Beberapa pengaruh harmonisa pada motor yang akan muncul antara lain:

a. *Rugi-rugi arus bocor*

Losses atau kerugian arus bocor yang terjadi pada kumparan stator dan rotor jauh lebih besar dibandingkan yang disebabkan *eddy current* dan *skin effect*. Hal ini disebabkan oleh arus harmonisa memperbesar arus bocor yang telah terjadi di stator dan rotor. Stator difungsikan untuk menginduksi tegangan dan rotor menimbulkan arus pada slot-slotnya.

b. *Rugi-rugi besi dan tembaga*

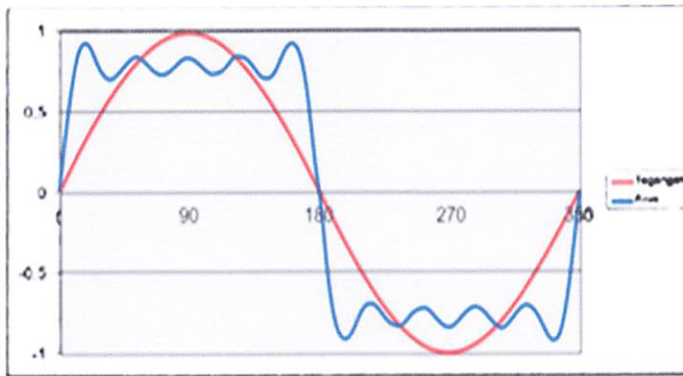
Fluks yang timbul dari penginduksian tegangan dan stator yang kemudian timbul arus yang ada di slot-slot rotor dapat mengakibatkan gerak relatif putar. Perubahan fluks yang terjadi pada rotor dan stator akan menimbulkan frekuensi harmonisa yang tinggi yang akan menghasilkan rugi-rugi besi dan tembaga pada stator dan rotor tersebut.

c. *Beda fasa*

Motor induksi yang biasa disebut dengan motor asinkron merupakan motor yang kecepatan putarnya tidak sesuai atau tidak sama dengan medan putar dan stator. Melihat kenyataan ini, maka akan timbul beda fasa antara tegangan dan arus. Karena motor induksi ini termasuk beban induktif maka arus yang mengalir tertinggal dengan tegangannya. Apabila sumber yang menyuplai motor mengandung harmonisa maka beda fasa yang terjadi pada motor induksi ini menjadi lebih besar.

2.2.3 Pengaruh Harmonisa Pada Faktor Daya

Peningkatan total arus rms disebabkan oleh arus harmonisa. Karena harga arus total rms terpengaruhi maka otomatis factor daya juga terpengaruh. Hal ini di karenakan daya total dengan daya nyata itu terdapat selisih sudut antara arus dan tegangan. Pada daya total tidak terjadi pergeseran sudut antara tegangan dan arus.



Gambar 2.3 Perbandingan Sinyal Sinusoidal dengan Berharmonisa ^[11]

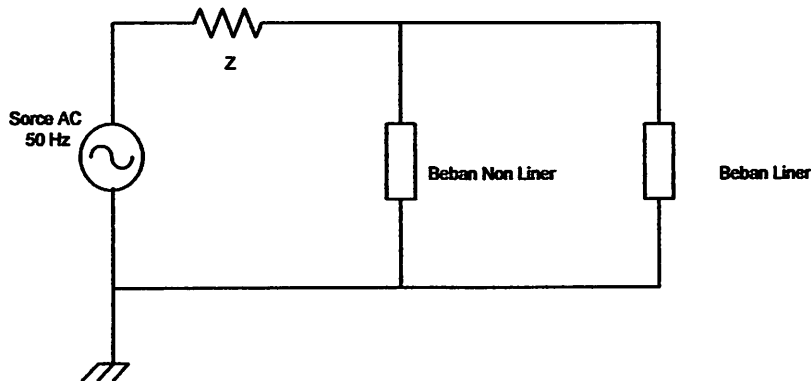
(M. Aredes dkk, 2003)

2.2.4 Pengaruh Harmoisa Pada Sistem Telekomunikasi

Ditemukan dalam beberapa tahun ini bahwa harmonisa pada sistem tenaga listrik dapat mengganggu sistem telekomunikasi, dikarenakan pada saat pemasangan kabel listrik kebanyakan didalam tanah selalu bersebelahan dengan kabel telekomunikasi. Arus listrik yang mengalir dalam konduktor selalu menginduksikan medan elektromagnetik. Apabila arus yang dihantarkan mengandung harmonisa maka akan terjadi noise pada saluran telepon atau data transmisi komunikasi gagal terkirim. Hukum *Farraday* menjelaskan bahwa tegangan yang menginduksikan disekeliling kawat konduktor sesuai dengan perubahan fluks magnetik. Jadi perubahan harga frekuensi cepat dapat membuat tingkat harmonisa menjadi tinggi pula dan juga harga tegangan harmonisanya semakin tinggi.

2.2.5 Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Tegangan

Peralatan yang diterapkan pada sistem tenaga listrik, seperti contoh yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.4 Rangkaian Distribusi sederhana^[11]

(M. Aredes dkk, 2003)

Sebuah sumber energi listrik di salurkan ke beberapa beban yang terhubung ke paralel melalui kawat penghantar (*Transmission Lines*) yang mengandung impedansi sebesar Z . Apabila ada arus harmonisa yang melalui impedansi Z dan sumber, akan menimbulkan tegangan harmonisa yang besar amplitudo tegangannya akan semakin meningkat disertai juga dengan peningkatan frekuensinya, karena terdapat impedansi hambatan saluran, maka terdapat selisih tegangan yang secara signifikan terdistorsi oleh baban non linear. Dimana arus akan timbul pada saat tegangan sumber mencapai titik maksimum saja. Hal ini akan menyebabkan turunya tegangan yang melewati impedansi Z dan akan menjadi lebih besar pula apabila tegangan pada sumber mencapai titik maksimum, sehingga tegangan yang dikirimkan pada akhirnya akan menjadi turun.

2.2.6 Indetifikasi Harmonisa

Untuk mengidentifikasi kehadiran harmonisa pada sistem distribusi, dapat diketahui melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- 1. Identifikasi jenis beban yang digunakan
- 2. Pemeriksaan transformator

Apabila arus netralnya lebih besar dari pada arus phasanya maka dapat di perkirakan adanya harmonisa dan kemungkinan turun kinerja transformator

- 3. Pemeriksaan Tegangan Netral Tanah

Apabila tegangan yang terukur lebih besar dari 2 volt maka terdapat indikasi adanya masalah harmonisa pada beban tersebut.

2.3 Indek Harmonisa

Terdapat indeks dalam analisa harmonisa yang penting untuk menggambarkan harmonisa dan efek pada komponen sistem tenaga.

2.3.1 Total Harmonic Distortion (THD)

Pendefisian nilai rms komponen harmonisa ke nilai rms komponen dasar biasanya dinyatakan dalam bentuk persen (%). Indeks ini digunakan untuk mengukur deviasi bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinus sempurna. Pada saat terjadi gelombang sinus sempurna. Nilai THD adalah nol. Indeks yang umum digunakan adalah :

$THD_v = \frac{\sqrt{v_2^2+v_3^2+v_4^2+\dots+v_n^2}}{v_1}$ (THD untuk tegangan) (2.5)

$THD_i = \frac{\sqrt{I_2^2+I_3^2+I_4^2+\dots+I_n^2}}{I_1}$ (THD untuk arus) (2.6)

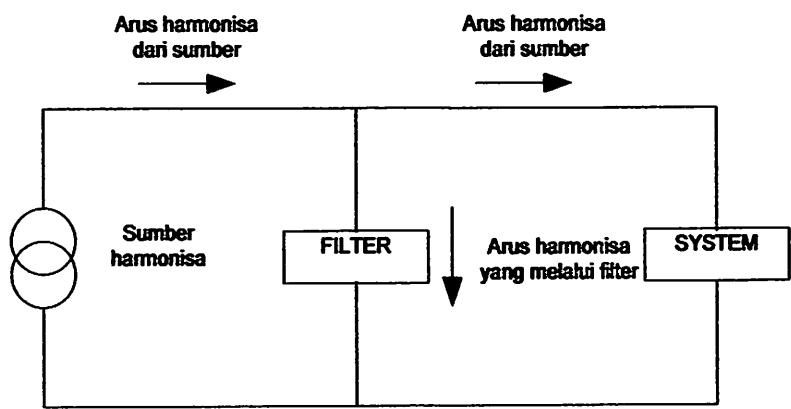
Keterangan :

V_n ; I_n = Orde Harmonisa

V₁ ; I₁ = Orde Fundamental

2.4 Filter Harmonisa

Pemasangan filter harmonisa bertujuan untuk mereduksi amplitudo frekuensi tertentu dari sebuah tegangan dan arus. Dengan penambahan filter harmonisa pada suatu sistem tenaga listrik yang mengandung sumber-sumber harmonisa maka penyebaran arus harmonisa ke seluruh sistem dapat ditekan sekecil mungkin selain itu filter harmonisa pada frekuensi dasar dapat mengkompensasi daya reaktif dan digunakan untuk memperbaiki faktor daya.



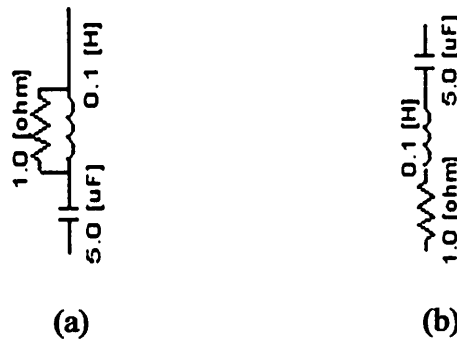
Gambar 2.5 Pemasangan Filter Harmonisa^[8]

2.4.1 Tipe Filter

Terdapat dua tipe dasar filter yaitu pasif dan aktif.

a. Filter Pasif (*Passive Power Filter*)

Filter pasif merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk masalah harmonisa. Filter ini terdiri dari komponen induktor dan kapasitor sebagai besar didesain untuk memberikan bagian khusus untuk mengalihkan arus harmonisa yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga. Terdapat dua macam filter pasif. Pertama filter pasif seri memiliki karakteristik sebagai resonansi paralel dan merupakan tipe filter yang bersifat penghalang, Memiliki impedansi tinggi pada frekuensi tertentu.



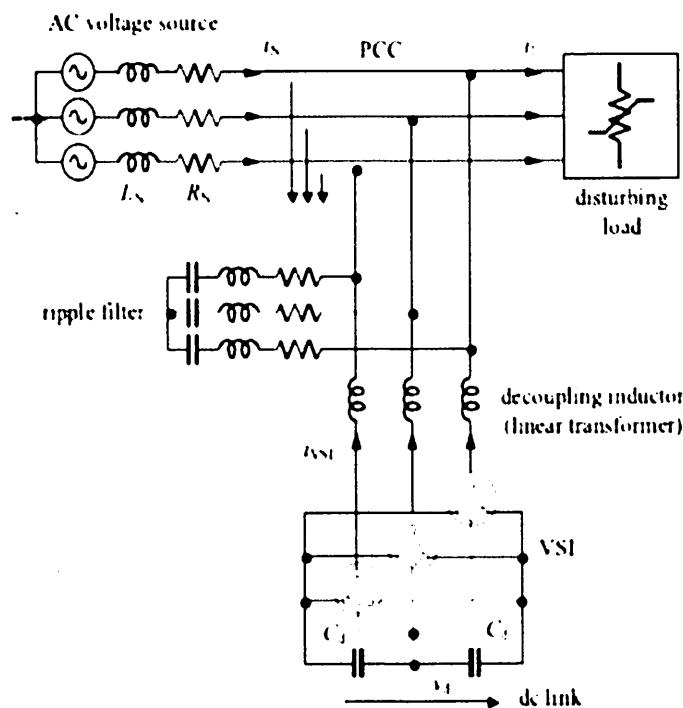
Gambar 2.6 (a) *Series Passive Filter* (b) *Paralel Passive Filter*

Sebagai contoh adalah penggunaan komponen penghalus atau perantara gelombang pada peralatan elektronika daya. Kedua filter pasif paralel memiliki karakteristik sebagai resonansi seri dan merupakan filter yang bertipe trap yang memiliki impedansi yang rendah pada frekuensi tertentu.

b. Filter Aktif (*Active Power Filter*)

Prinsip dasar dari filter aktif menggunakan teknologi elektronika daya untuk menghasilkan komponen arus spesifik yang bertujuan untuk menggagalkan kompoen arus harmonia yang dihasilkan oleh beban non linear (Salam,2006).

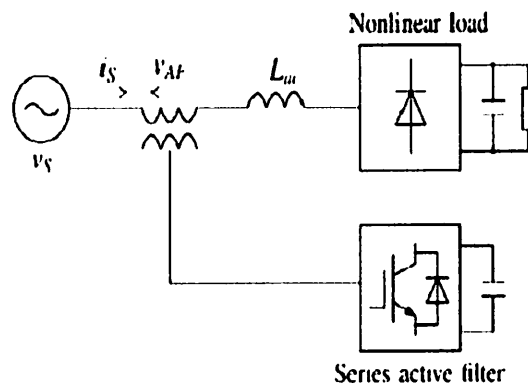
Konsep filter aktif dengan *Pulse With Modulation* (PWM) berbasis inverter yaitu penggunaan arus harmonisa untuk menanggulangi pada sistem tenaga listrik. Filter aktif jenis ini menggunakan power elektronik switching untuk menghasilkan arus harmonisa untuk diinjeksikan ke sistem.(Suresh,2008).



Gambar 2.7 Skema Fiter aktif Konvensional^[2]
(PWM-VSI) (Suresh,2008)

Penggunan *Voltage Source Inverter* (VSI) untuk memungkinkan pengaturan arus harmonisa pada filter aktif. Inverte ini menggunakan kapasitor dc sebagai supply dan dapat melakukan proses switching pada frekuensi yang tinggi untuk manghasilkan sinyal yang mampu mengatasi arus harmonisa yang dihasikan beban nonlinier. Inverter yang digunakan merupakan inverter jenis bipolar. Mode operasi dari penggunaan PWM-VSI.

- Filter Aktif Seri (*Series Active Filter Power Filter*)

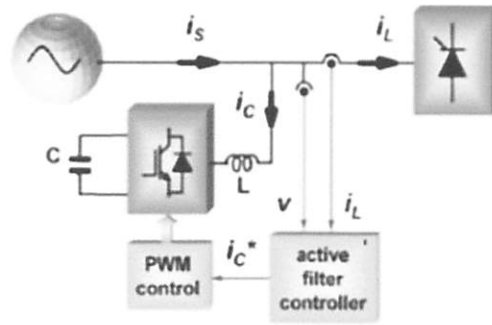


Gambar 2.8 *Series Active Filter* ^[6]

Konfigurasi dasar filter ini, harmonisa diisolasi dengan memasukan tegangan harmonisa, sehingga arus sumber tidak perlu menyediakan komponen harmonisa arus beban, oleh karena itu filter aktif ini dapat dianggap sebagai isolator harmonisa. Filter aktif seri berfungsi untuk mereduksi komponen harmonisa tegangan.

- Filter Aktif Shunt (*Shunt Active Power Filter*)

Topologi filter aktif *Shunt* dan prosedur instalasi yang telah dipahami dengan baik. Prinsip kerja filter ini adalah sebagai berikut : filter aktif *shunt* harus menyediakan komponen harmonisa yang dibutuhkan oleh beban non linier, melalui sudut pandang lain filter aktif *shunt* dianggap sebagai impedansi beban yang berubah-ubah. Mereka dapat disusun paralel untuk menyediakan arus yang lebih tinggi. Akibatnya, mereka tersedia untuk interval daya yang cukup lebar. Kelebihan lainnya filter aktif *shunt* ini hanya membawa arus kompensasi dan komponen dasar yang hilang karena rugi-rugi. Filter aktif *shunt* cocok untuk beban non linear yang berperilaku sebagai sumber arus seperti penyearah dengan inductor *DC link*-nya



Gambar 2.9 *Shunt Active Filter* ^[6]
(H,Akagi,2007)

Filter aktif *shunt* pada dasarnya terdiri atas dua bagian utama :

1. Konverter PWM (Pengolah Data)
2. Kontroler Filter Aktif (Pengolah Sinyal)

Konverter PWM berfungsi untuk mengelolah data dalam arus kompensasi yang harus ditarik dari sistem.

Kontrol Filter Aktif berfungsi untuk pengolah sinyal dalam menentukan *real time* referensi arus kopensasi spotan, yang secara kontinyu dilewatkan ke konverter (H.Akagi, 2007).

Filter aktif ini berfungsi untuk mereduksi komponen harmonisa pada arus. Atau dapat disimpulkan filter Aktif *shunt* ini adalah sama dengan cara kerja dari jenis filter aktif *series* namun memiliki perbedaan pada sumber sinyal refrensi yang akan di masukan ke pengontrolan filter aktif berupa signal refrensi arus injeksikan ke sistem sehingga arus yang sebelumnya mengalami harmonisa akan dapat tereduksi menjadi arus yang sempurna.

2.5 Power System Computer Aided Design (PSCAD)/EMTDC

Power System Computer Aided Design (PSCAD) merupakan *software* yang mendukung simulasi, desain dan verifikasi semua tipe sistem tenaga listrik. *Software* ini memberikan fasilitas untuk studi dan analisis dalam bidang elektronika daya, kualitas daya, proteksi dan perencanaan peralatan yang mendukung kinerja sistem tenaga listrik. Dibandingkan dengan *software* lainya dengan tujuan yang sama, *PSCAD* memiliki kecepatan dan akuransi yang lebih baik serta lebih mudah.

PSCAD juga di kenal dengan nama *PSCAD / EMTDC* karena *EMTDC* merupakan bagian fungsi simulasi yang terintegrasi dengan *PSCAD* untuk mendukung fungsi tampilan grafis *PSCAD*. Dengan adanya fasilitas *EMTDC*, *software* ini sangat sesuai untuk mendisain simulasi suatu sistem tenaga listrik berserta sistem kontrol secara online berdasarkan rentang waktu tertentu (*time domain instantaneous response*). Fungsi desain, analisis dan tampilan grafik untuk suatu sistem tenaga listrik yang akan dianalisa dapat ditampilkan dalam suatu paket dengan dilengkapi fasilitas kontrol unit, meter dan online plotting grafis yang interaktif. Dengan kemampuan ini, *software PSCAD/ EMTDC* sudah digunakan dalam bidang manufaktur, penelitian dan konsultan sebagai alat analisa yang utama

Untuk mendukung berbagai fungsi skenario simulasi pada sistem tenaga listrik, *PSCAD* dilengkapi dengan *library* dan model peralatan mulai dari elemen pasif dan sistem control yang sederhana sampai dengan model yang kompleks seperti mesin elektrik, peralatan *FACTS* dan sistem transmisi serta model penghantar dan kabel. Apabila model yang diinginkan belum ada, *PSCAD* menyediakan fasilitas untuk editing dan desain model sesuai dengan kebutuhan baik dengan menggabungkan model yang sudah ada maupun dengan menggunakan fasilitas editor desain. Berikut beberapa model yang dapat di gunakan dalam *software PSCAD* :

- *Resistors, inductors, capacitors*
- *Mutually coupled windings, such as transformers*
- *Frequency dependent transmission lines and cable (including the most accurate time domain line model in the world)*

- *Current and voltage source*
- *Switches and breakers*
- *Protection and relaying*
- *Diode, thyristors, GTos, IGBTs*
- *Analog and digital control functions*
- *AC and DC machines, exciters, governors, stabilizers and inertial models*
- *Meters and measuring functions*
- *Generic DC and AC controls*
- *HVDC, SVC, and other FACTS controllers*
- *Wind source, turbines and governor*

BAB III

SISTEM KELISTRIKAN PT. INDANA PAINT MALANG

3.1 Algoritma Penelitian

Dalam analisis mereduksi harmonisa ini menggunakan acuan standart IEEE Std. 519-1992. Penelitian ini dimulai dengan survey data yang mendukung untuk disimulasikan dan dimodelkan pada *Software PSCAD/EMTDC V 4.5 Power Simulation* yang dapat mengetahui distorsi harmonisa tegangan dan arus yang masuk ke dalam sistem. Cara yang dilakukan yaitu :

- a. Pengukuran THD pada *Main Distribution Panel* menggunakan alat clamp on merek HIOKI 33286-20 pada keadaan *outgoing*.
- b. Pengumpulan data *single line* PT. Indana Paint Malang, Data sumber, trafo, Data beban motor/ *name plate* dan VSD,
- c. Mengambar pemodelan *single line diagram* sistem kelistrikan PT. Indan Paint Malang pada *software PSCAD Power Simulation*.
- d. Menginput data sumber PLN 197 kVA, data *transformator* 250 kVA, data motor yang berfariasi. Data VSD 15 kW, 40 A, dan 112 kW, 163 A
- e. Menjalankan pemodelan simulasi *harmonic analysis* untuk mengetahui harmonisa yang terjadi pada sistem.
- f. Mengecek apakah *Total Harmonic Distortion* ($THD_i \geq 15\%$ dan $THD_v \geq 5\%$).
 - “Ya” : Cek hasil dan analisa hasil
 - “Tidak” : Lakukan pemasangan filter aktif *Shunt*. Setelah itu kembali diproses *harmonic analysis* untuk menganalisis keadaan sistem setelah dipasang filter aktif *Shunt*.

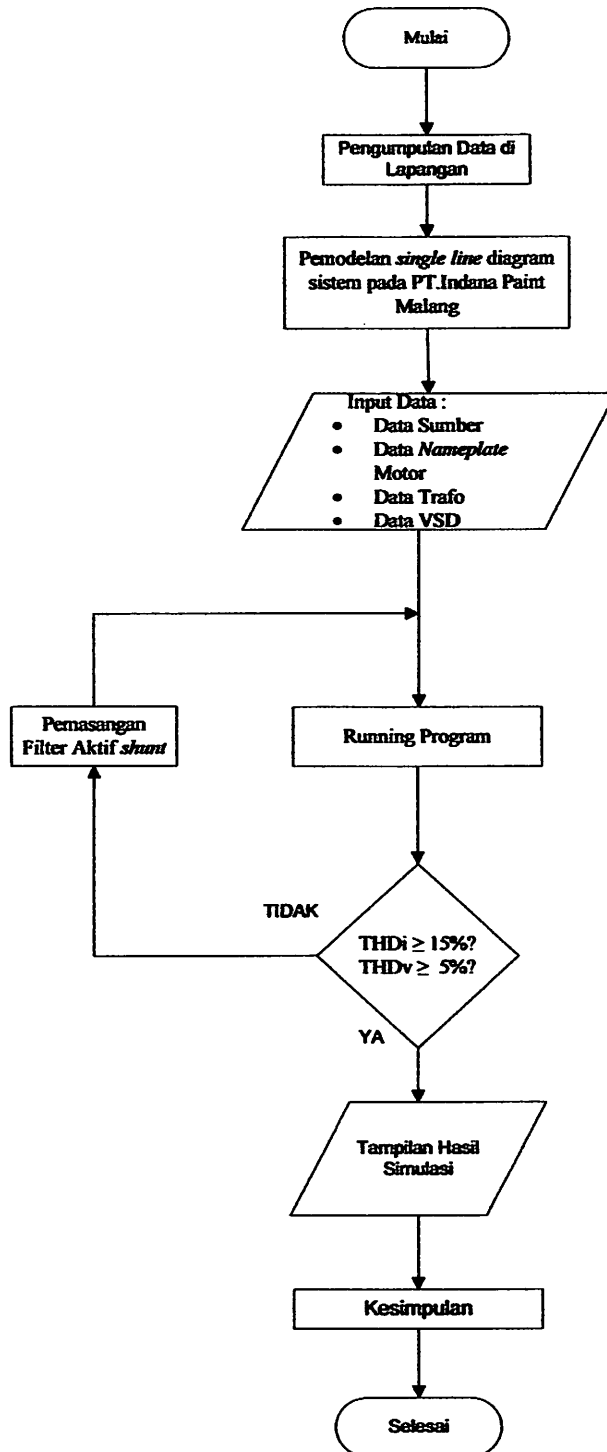
Setelah proses simulasi *harmonic analysis* selesai dan *Total Harmonic Distortion* ($THD_i \geq 15\%$) kemudian cetak dan analisa data.

- g. Kesimpulan, apakah tingkat harmonisa berhasil tereduksi oleh filter aktif *shunt*, sehingga dapat menurunkan harmonisa dan memperbaiki kualitas daya listrik pada sistem.

3.2 Flowchart Simulasi Menggunakan Software PSCAD/EMTDC

3.2.1 Flowchat Penyelesaian Masalah

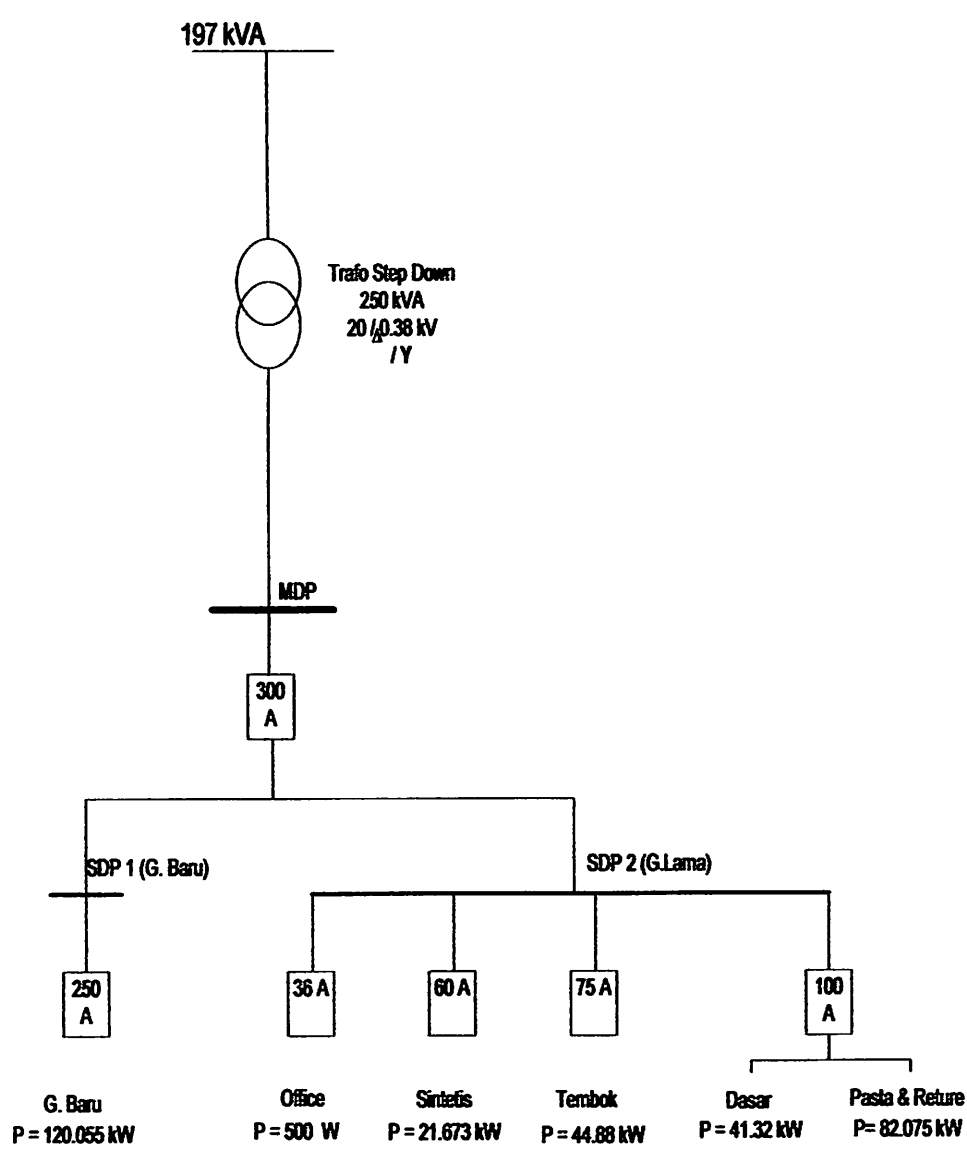
Dibawah ini adalah *flowchart* penyelesaian masalah yang terjadi pada sitem kelistrikan PT. Indana Paint Malang untuk meminimalkan *Total Harmonic Distortion* (THD)



Gambar 3.1 *Flowchart* Penyelesaian Masalah.

3.3 Sistem kelistrikan 20 kV PT. Indana Paint Malang

PT. Indana Paint adalah perusahaan dari PT. Inti Daya Guna Aneka Warna yang bergerak dibidang Paint Foctory & Industrial Coating, memproduksi berbagai jenis cat untuk memunuhi kebutuhan konsumen seperti Semen warna, Kalkarium, Plamir tembok, Flinkote, dan cat tembok. Terletak di wilayah jawa timur tepatnya di Jalan Laksda Adi Sucipto 456 Malang. Pabrik ini menggunakan motor induksi 3 phasa dalam jumlah yang banyak yaitu 33 motor untuk menunjang produksi. Hal itu tanpa sadar menimbulkan harmonisa pada sistem kelistrikan yang disebabkan oleh pemakaian beban-beban yang mengandung nilai kapasitif dan induktif yang sangat besar (beban non liner). Selain itu kandungan harmonisa pada sistem ini muncul dikarenakan adanya perbedaan kelipatan frekuensi yang terjadi akibat tidak setabilnya putaran motor induksi tersebut. berikut ini adalah *single line* dari sistem kelistrikan 20 kV PT. Indana Paint Malang.



Gambar 3.2 Single line PT. Indana Paint Malang

Gambar 3.2 menunjukan *Single line* PT. Indana Paint Malang, terdiri dari satu sumber 3 fasa dengan tegangan 20 kV yang dihubungkan seri dengan trafo step-down 20 kV / 0.38 kV. Sistem ini mempunyai satu *Main Distribusi Panel* (MDP) ,dua *Sub Distribusi Panel* (SDP) Gudang Baru dan Gudang Lama. Pada gudang lama terdiri dari beberapa grup beban yaitu gudang baru, kantor, sintetis, tembok, dasar, reture dan pasta.

Table 3.1 Data Trafo PT. Indana Paint Malang

Merek	Bambang Djaja
Daya	250 kVA
Tegangan Primer/Tegangan Sekunder	20 kV / 380 kV
Arus Primer/ Arus Sekunder	7.217 A / 360.84 A
Hubungan	Δ / Y
Frekuensi	50 Hz
Volume Minyak	400 L
Impedansi	4 %

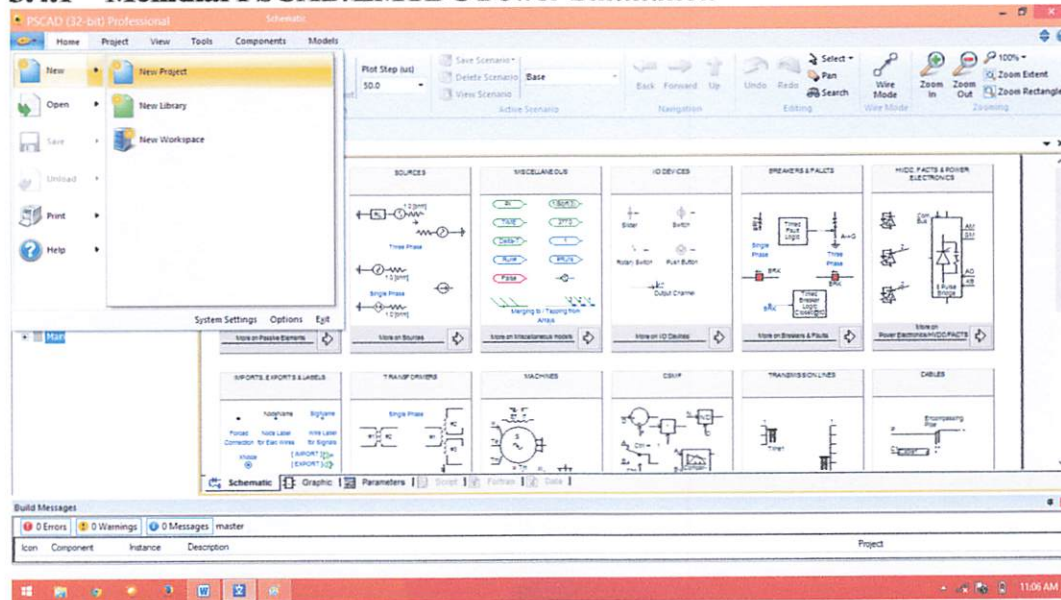
Table 3.2 Data Beban PT. Indana Paint Malang

	Manufacture	Daya Motor		Jumlah	Arus	Kecepatan	
		kW	Hp			RPM	Rad/sec
Sintetis	TECO	7.5	10	1	16.2	1450	151.84
	TECO	3.7	5	1	8.03	1440	150.79
	SEM	7.5	10	1	15.4	440	46.07
	SM (1fasa)	0.373	½	1	4.2	1420	148.70
	SM	2.2	3	1	3.6	1480	154.98
Tembok	Alliance	22	30	1	42.9	1470	153.93
	SEM	15	20	1	30.3	1460	152.89
	PEM	7.5	10	1	15.4	1440	150.79
Dasar	CHONGOINS	11	15	1	22.6	1480	154.98
	ADK	5.5	7.5	1	11.8	1440	150.79
	MOTOVARIO	7.5	10	1	15.6	1440	150.79
	NORO	3	5	2	8	1380	144.51
	YUEMA	11	15	1	31	1480	154.98
Pasta	TECO	15	20	3	29	1450	151.79
	SHIMITSU(1)	1.1	1.5	3	1.5	2900	303.68
	SM	2.2	3	3	3.6	1480	154.98
	Cino	5.5	7.5	1	11.6	1450	151.79
Reture	TATUNG CO	15	20	1	30.1	1480	154.98
	TECO	3.7	5	1	8.03	1440	150.79
	SM	2.2	3	1	3.6	1480	154.98
G. Baru	NORT	1.5	2	1	3.55	1395	141.37
	ABB	0.18	0.24	1	1.2	910	95.29
	ABB	1.1	1.47	1	2.81	1395	141.37
	ABB	1.5	2	2	2.9	2900	303.68
	ABB	112	150	1	163	1480	154.98

3.4 Pemodelan Sistem Kelistrikan Pada Software PSCAD

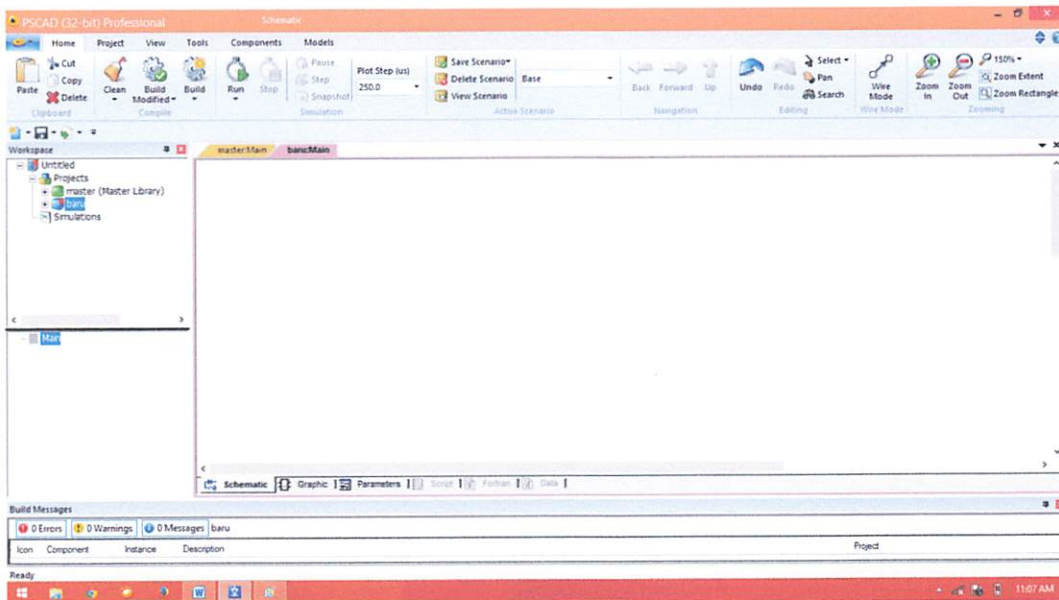
PSCAD (Power System CAD) adalah graphical user interface yang sangat baik dan fleksibel. PSCAD memungkinkan pengguna menggambarkan, mengontruksikan sebuah rangkaian, menjalankan sebuah simulasi, analisa hasil dan manajemen data terintegrasikan secara lengkap. Penggambaran, pengontrolan dan pengukuran juga tersedia, jadi pengguna dapat merubah parameter sistem, menjalankan simulasi dan melihat hasil secara langsung.

3.4.1 Memulai PSCAD/EMTDC Power Simulation

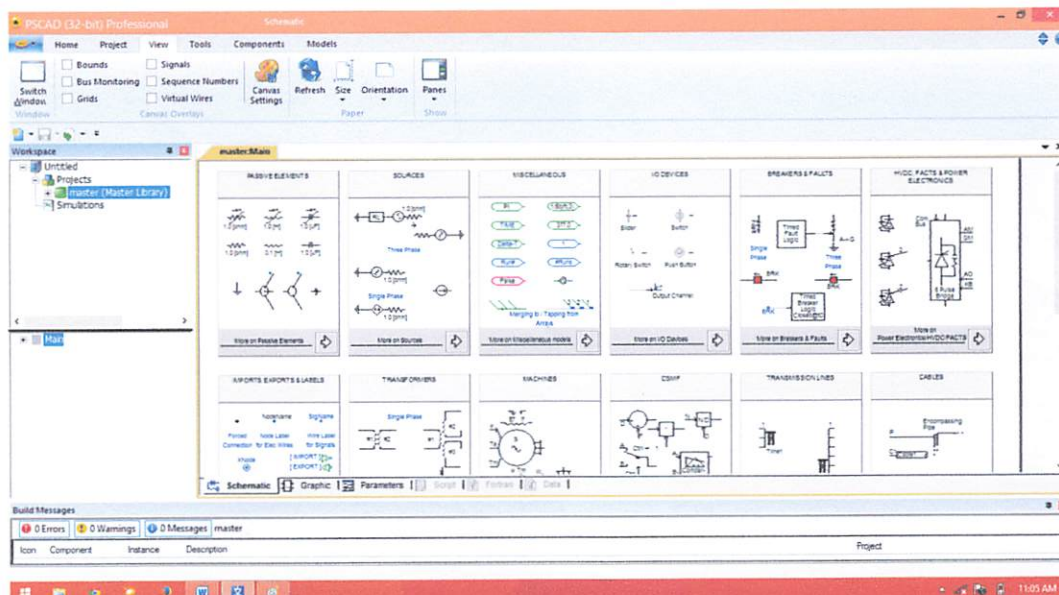


Gambar 3.3 Tampilan Awal Software PSCAD/EMTDC

- Untuk memulai membuat *single line* baru maka klik : File > New > case > setelah melakukan langkah sesuai di atas secara *default* PSCAD akan memberi nama *file* baru yang kita buat dengan nama “no name”. Kemudian klik nama *file*-nya maka akan muncul tampilan seperti 3.2

Gambar 3.4 Tampilan *Workspace*

- Setelah melakukan langkah pertama maka akan muncul *Workspace*, *Workspace* digunakan sebagai lembar kerja untuk membuat permodelan sistem yang diinginkan.

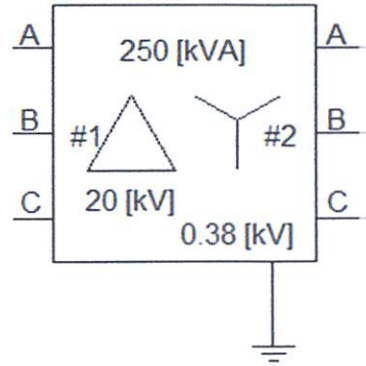
Gambar 3.5 Tampilan *Master Library*

- Semua komponen yang akan digunakan dalam menggambar *single line* terdapat di dalam *Master Library* seperti pada tampilan di atas.

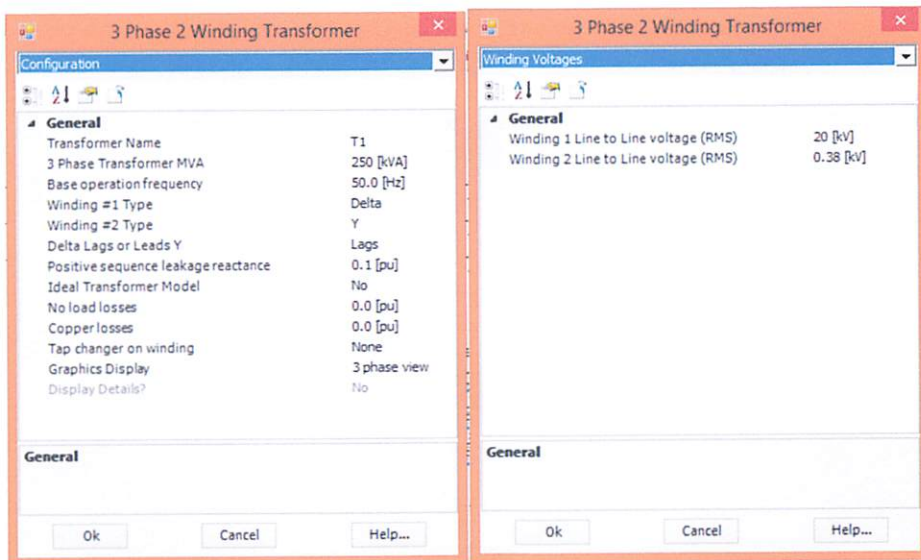
- Untuk menggunakan klik kanan pada komponen >copy dan kemudian paste pada *Workspace*

3.4.2 Inputan Data Penelitian

1. Data Inputan *Transformer*

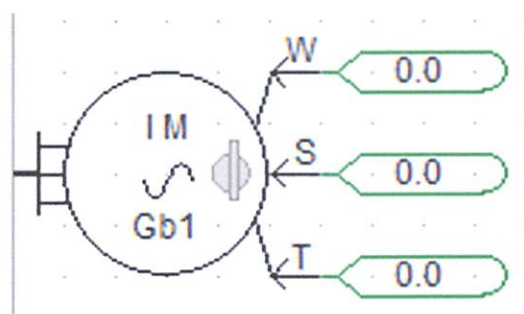


Gambar 3.6 Tampilan Trafo pada *PSCAD*

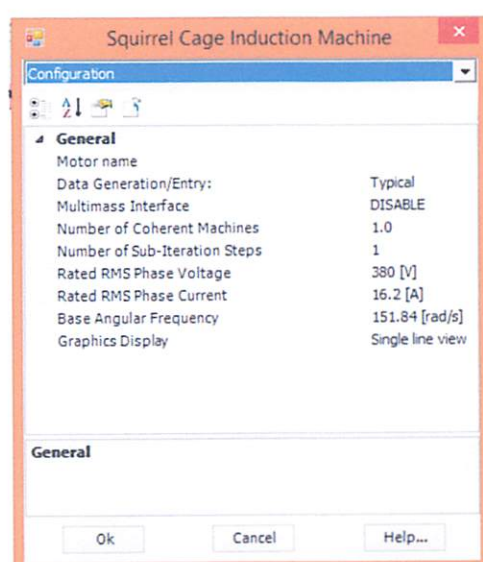


Gambar 3.7 Tampilan Inputan Data Trafo

2 Data Inputan Motor

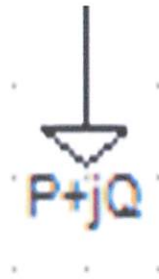


Gambar 3.8 Tampilan Motor

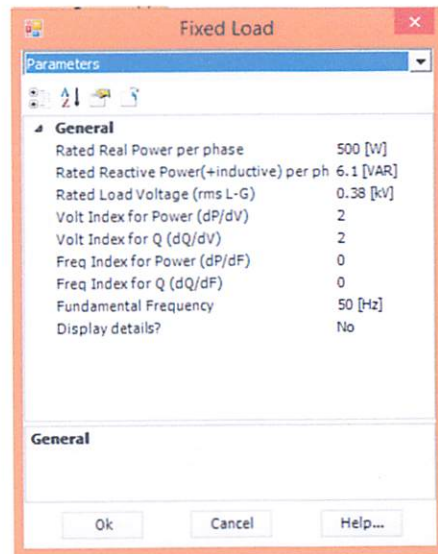


Gambar 3.9 Tampilan Input Data Motor

3 Data beban Office

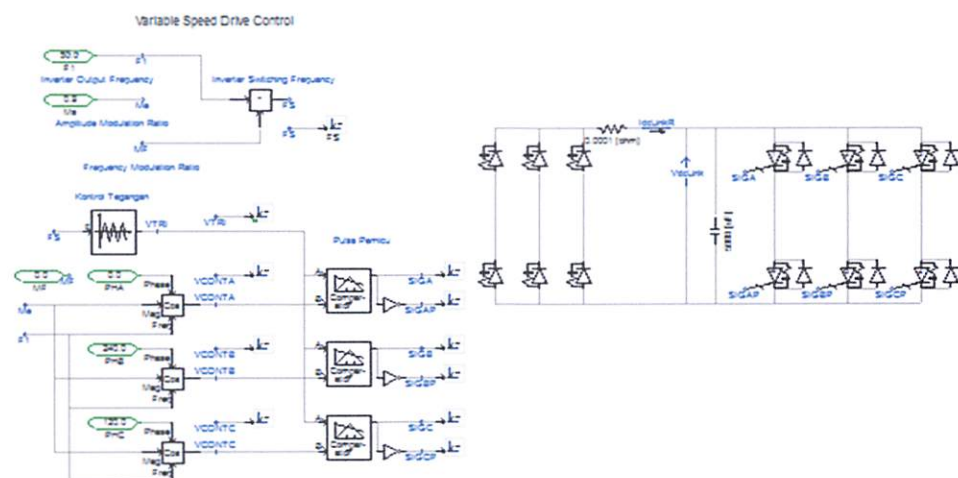


Gamabar 3.10 Tampilan Beban Office



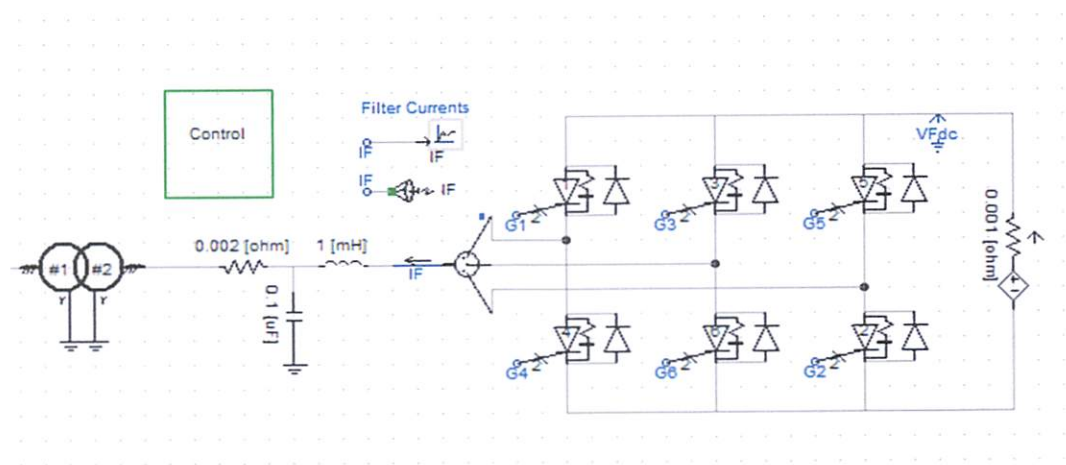
Gambar 3.11 Tampilan Inputan Data Beban Office

4 Variable Speed Drive (VSD)



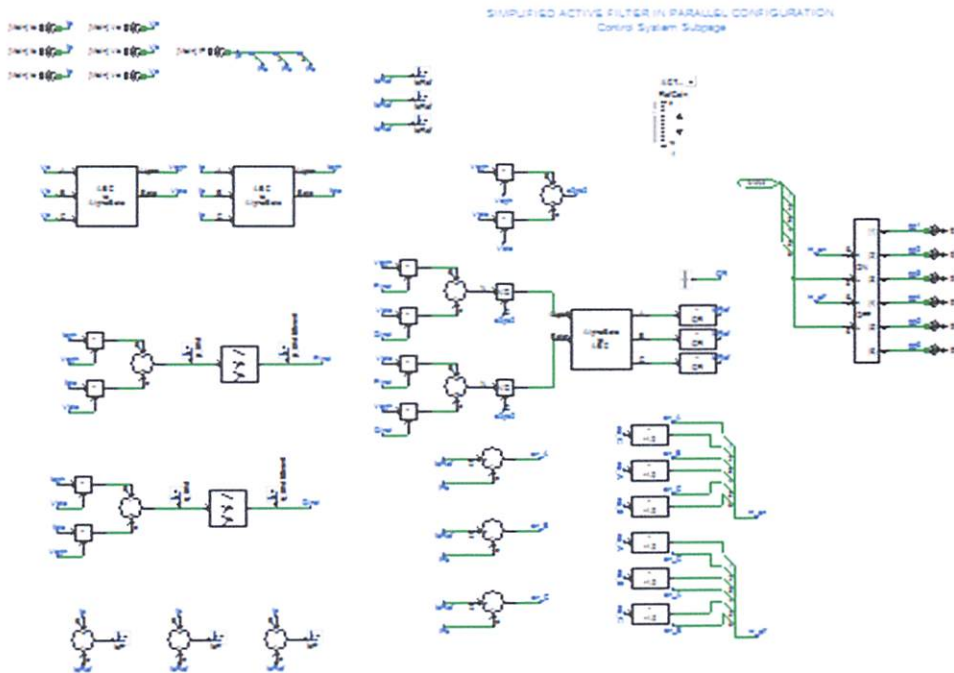
Gambar 3.12 Tampilan Pemodelan VSD

5 Aktif Filter



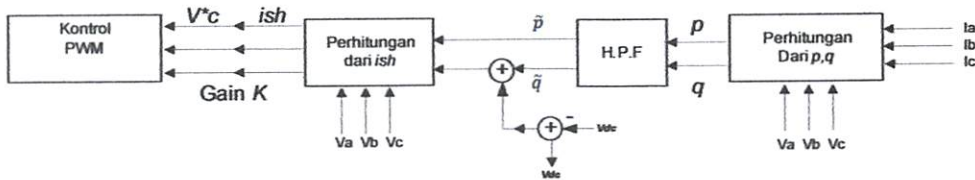
Gambar 3.13 Tampilan Pemodelan Konfigurasi Filter Aktif

6 Konfigurasi control



Gambar 3.14 Tampilan konfigurasi sistem kontrol

• Konfigurasi Kontrol



Gambar 3.15 Rangkaian kontrol

(H. Fujita and H. Akagi, (1991))

Pada gambar 2.5 rangkaian control filter aktif nilai tegangan (V_a, V_b, V_c) dan arus (I_a, I_b, I_c) 3 fasa akan di ubah menjadi $\alpha\beta$ menggunakan *Clarke Tranformation* yang dinyakan dalam persamaan berikut ini :

$$\begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3.2)$$

Setelah mendapatkan $V\alpha$, $V\beta$ dan $I\alpha$, $I\beta$ Selanjutnya adalah menghitung daya aktif (p) dan daya reaktif (q) menggunakan persamaan teori *pq theory* sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V\alpha & V\beta \\ -V\beta & V\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I\alpha \\ I\beta \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan menggunakan *High pass filter*, nilai pq dapat dirubah \tilde{p} osilasi pins ($P.Inst$) dan \tilde{q} osilasi ($Q.Inst$). \tilde{q} osilasi ($Q.Inst$) ditambahkan Δq (*feedback* tegangan DC) untuk nantinya di ubah kembali dalam bentuk $I\alpha$ $I\beta$ maka akan di transformasikan kembali menjadi $I\alpha_{ref}$, $I\beta_{ref}$, dan Ic_{ref} menggunakan *invers Clarke transformation* yang dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\begin{bmatrix} I\alpha_{ref} \\ I\beta_{ref} \\ Ic_{ref} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V\alpha & V\beta \\ -V\beta & V\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{p} \\ \tilde{q} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3.4)$$

Harmonisa arus di setiap fasa I_{ref} , di perkuat oleh gain K dan masuk ke kontrol PWM sebagai referensi tegangan.

$$V^*c = K. I_{ref} \dots\dots\dots (3.5)$$

BAB IV

ANALISIS HASIL

4.1 Analisa Hasil Pengukuran

Data yang didapat dari hasil pengukuran pada *Main Distribution Panel* (MDP) sistem kelistrikan PT. Indana Paint Malang keadaan *outgoing* adalah sebagai berikut untuk tengangan harmonisa *Total Harmonic Distortion* (THDv) yaitu sebesar 3.34 % dan untuk arus harmonisa (THDi) yaitu sebesar 16.5% mengacu pada standarisasi IEEE 159-1992 untuk standar harmonisa tegangan dengan $V_{rms} \leq 69 \text{ kV}$ adalah sebesar $\leq 5\%$ dapat disimpulkan bahwa untuk harmonisa tegangan sudah sesuai dengan standar yang diperbolehkan. sedangkan untuk harmonisa arus dengan $V_{rms} \leq 69 \text{ kV}$ dan I_L (arus beban) antar 100-1000 A yaitu $\leq 15\%$ harmonisa arus yang diperbolehkan. Maka untuk meminimalkan masalah ganggun harmonisa arus pada sistem kelistrikan PT. Indana Paint Malang perlu adanya pemasangan filter untuk mereduksi harmonisa. Dilihat dari hasil pengukuran makan filter yang paling sesuai untuk meminimalkan harmonisa arus adalah filter aktif *shunt*. Untuk menganalisa digunakan *software PSCAD/EMTDC Power Simulation*.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran dilapangan

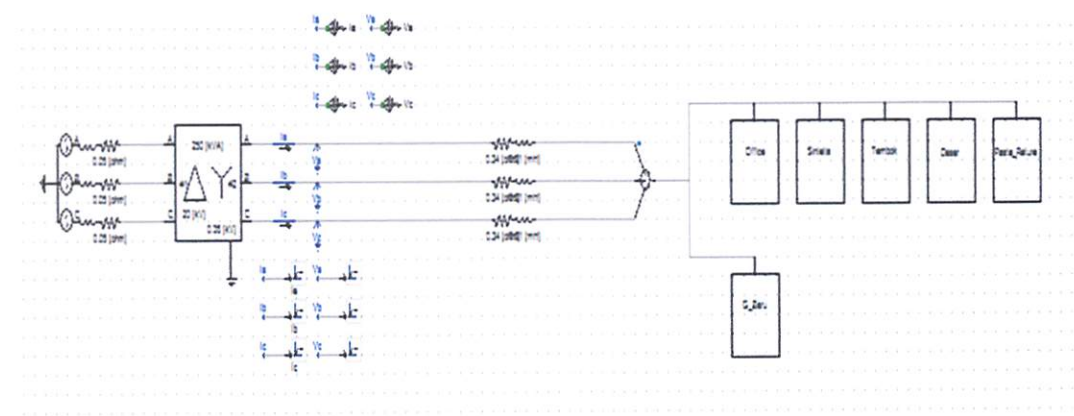
FASA	Harmonisa Ordo ke-																	%THDv	I (A)	V (Volt)	P (kW)	S (kVA)	Cos ϕ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
RST	13.02	0.06	0.10	0.01	0.19	0.03	0.22	0.01	0.02	0.01	0.16	0.02	0.05	0.02	0.04	0.09	0.15	3.34	102,7	222,36	15,22	22,43	0,674

FASA	Harmonisa Ordo ke-																	%THDi	I (A)	V (Volt)	P (kW)	S (kVA)	Cos ϕ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
R	80,6	0,8	2,8	0,2	12,6	0	6,1	0	1,6	0	0,3	0	2,7	0	0,5	0,2	2,6	18,1	102,5	217,1	11,58	21,00	0,6
S	98,5	0,9	1,9	0,4	12,4	0,2	4,5	0,2	0,5	0,1	0,7	0,2	2,3	0,1	0,7	0,1	2,4	16,0	102,4	224,8	16,90	23,02	0,73
T	101,4	1,0	2,0	0,2	13,2	0,2	5,3	0,2	0,8	0	0,8	0,0	2,3	0	0,7	0	2,3	15,4	103,3	225,2	17,20	23,27	0,73

$$\text{THDi rata rata} = \frac{18.1+16.0+15.4}{3} = 16.5 \%$$

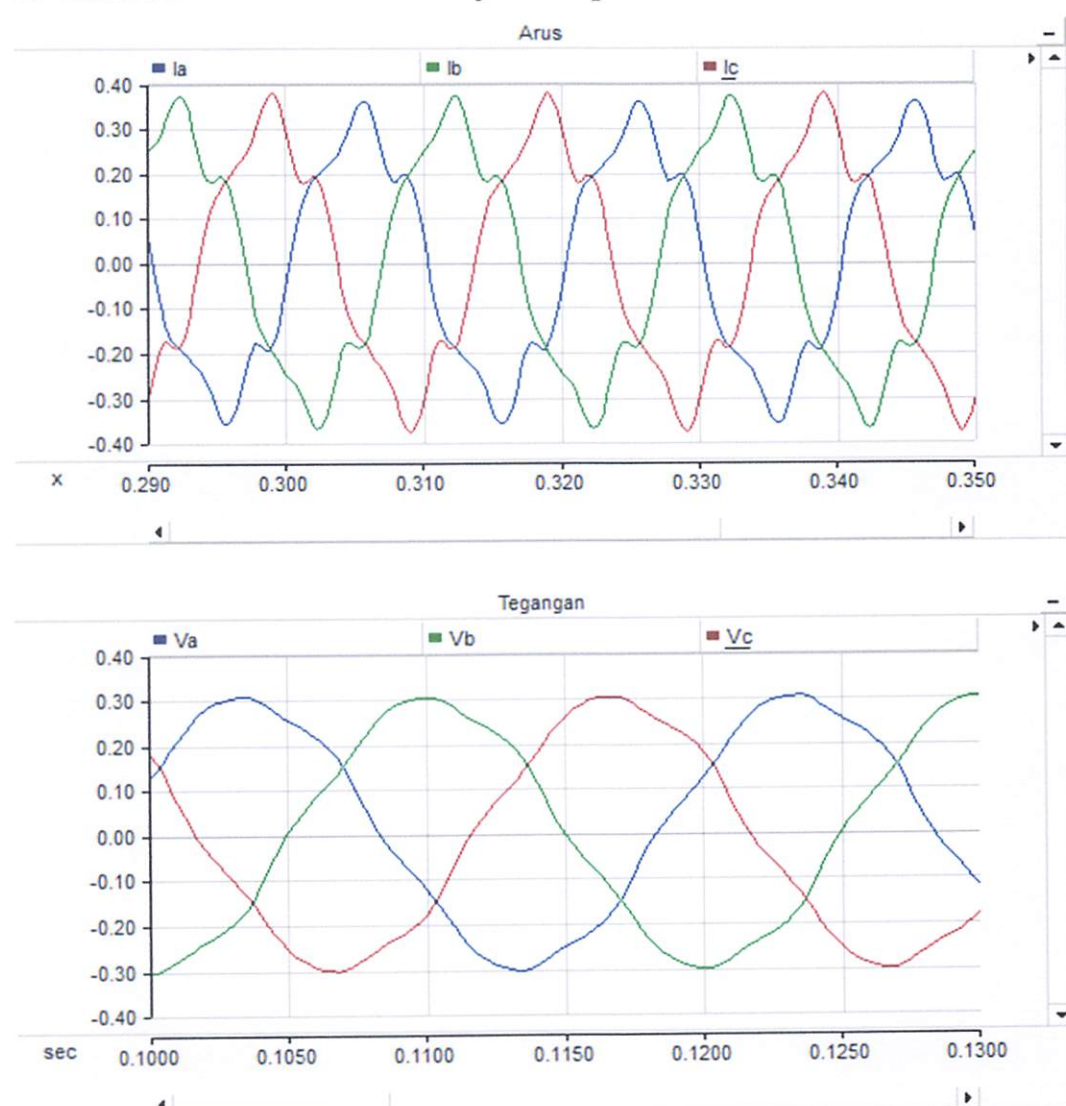
4.2 Pemodelan *Single Line* PT. Indana Paint Malang

Pemodelan *single line* PT. Indana Paint Malang dengan melakukan pengambilan data sehingga dapat membandingkan saat terpasang dan tanpa menggunakan filter aktif *shunt*. Setelah itu hasil keluaran tegangan dan arus akan dianalisa dan dapat dilihat seberapa besar Filter Aktif *Shunt* mengkompensasi harmonisa yang terjadi pada sistem. Untuk mensimulasikan sistem dalam *software PSCAD Power Simulation* maka terlebih dahulu memodelkan *single line* PT. Indana Paint Malang. Kemudian mensimulasikan sesuai dengan langkah kerja dan menganalisis hasilnya. Berikut ini pemodelan *single line* sistem kelistrikan PT. Indana Paint Malang yang digambarkan menggunakan *software PSCAD/EMTDC Power Simulation*.



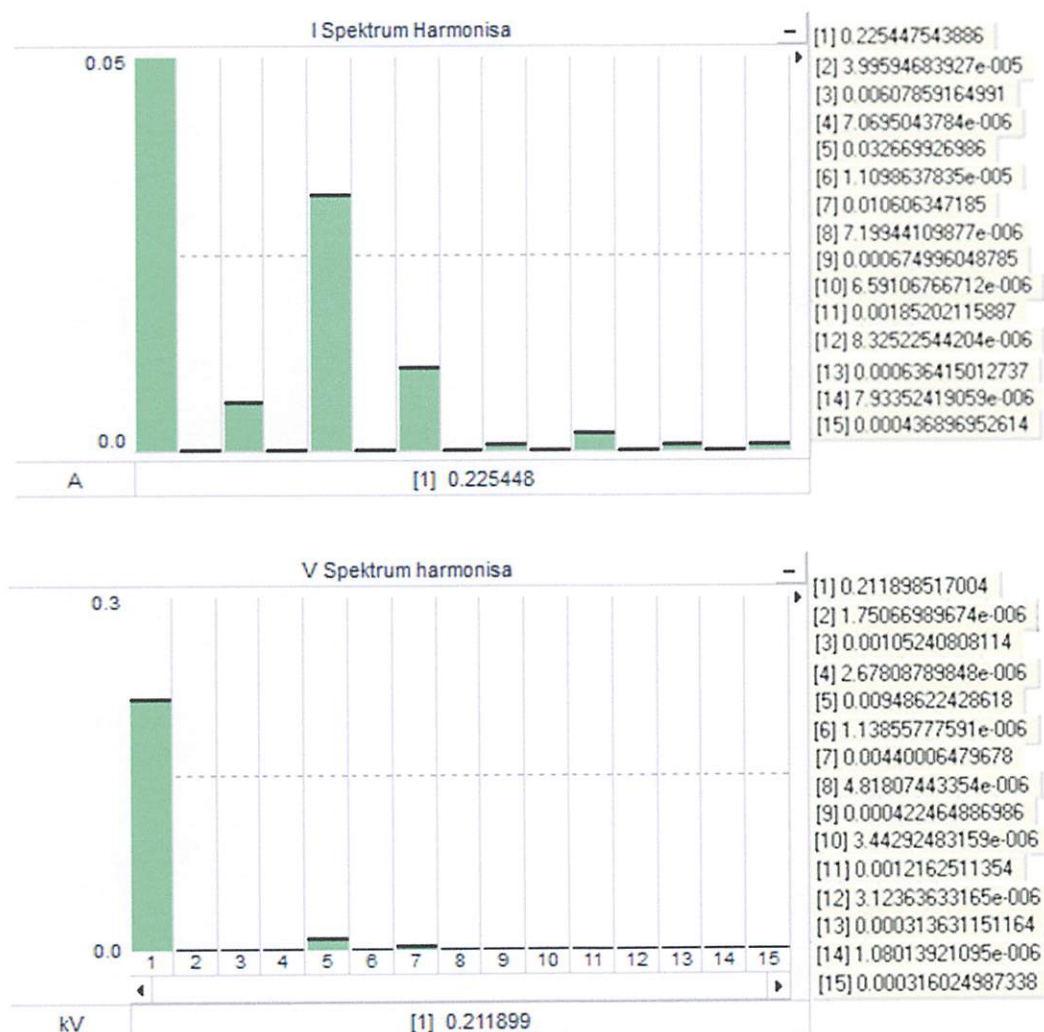
Gambar 4.1 Pemodelan *Single line* PT. Indana Paint Malang pada *PSCAD*

4.3 Hasil Simulasi *Harmonic Analysis* Tanpa Filter Aktif *Shunt*



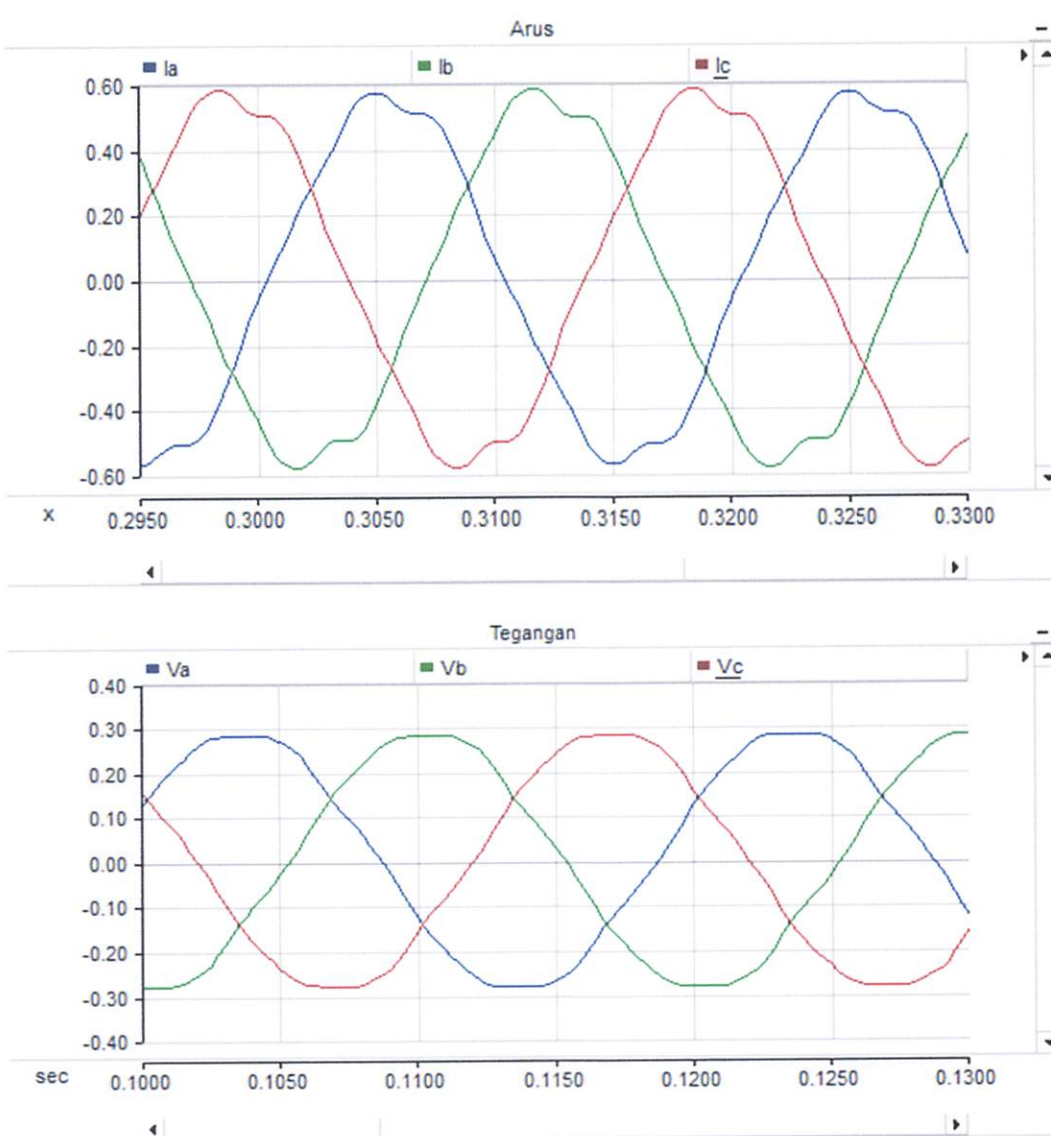
Gambar 4.2 Grafik keluaran arus dan tegangan tanpa filter aktif shunt

Gambar 4.2 menggambarkan bentuk gelombang arus dan tegangan keluaran pada sistem kelistrikan. Hasil pemodelan simulasi terlihat pada gambar tersebut gelombang arus tidak berbentuk sinusoida secara sempurna melainkan mengalami cacat gelombang atau terdistorsi dan untuk tegangan harmonisa mendekati gelombang sinusoidal yang sempurna. Hal ini menandakan bahwa gelombang arus tersebut mengalami gangguan harmonisa.



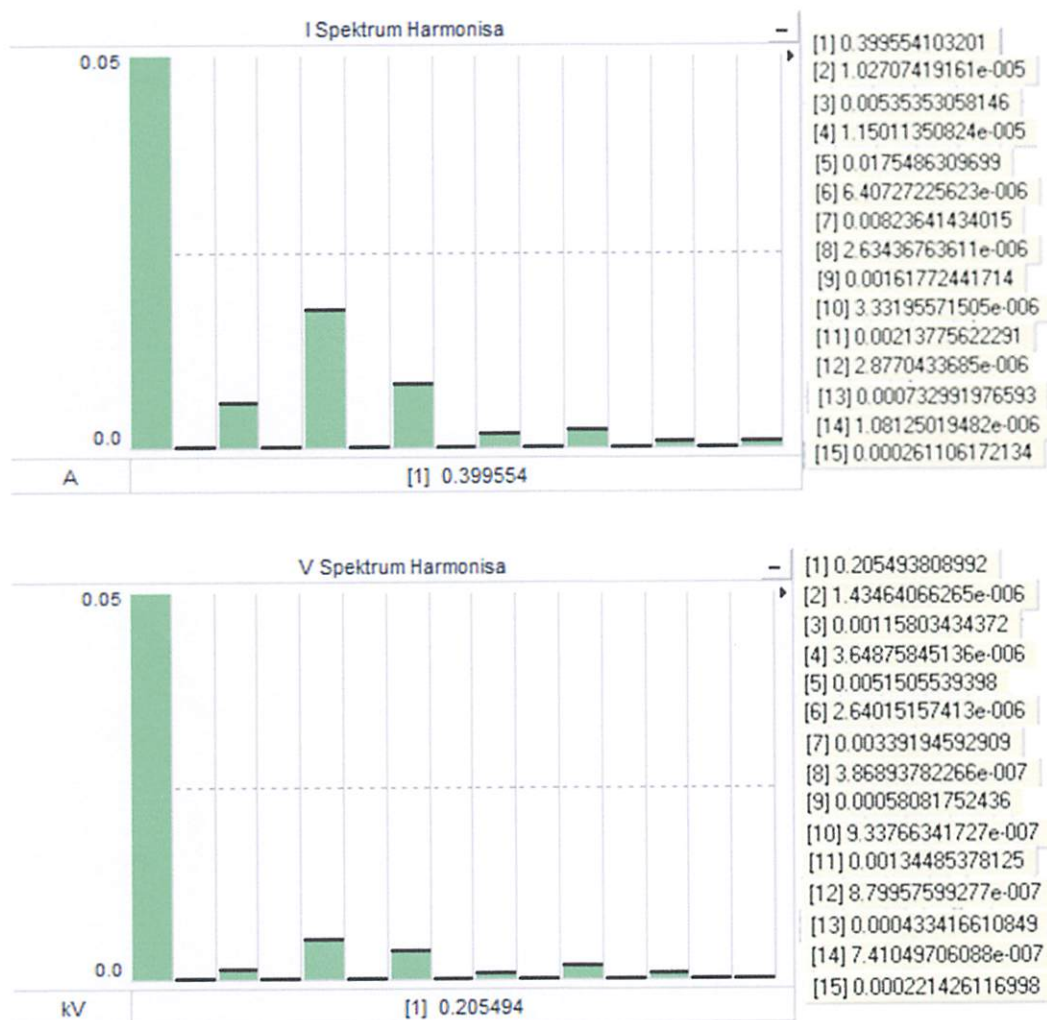
Gambar 4.3 Spektrum Arus dan Tegangan Harmonisa Tanpa Filter Aktif *shunt*

Gambar 4.3 menerangkan tentang spektrum arus dan tegangan harmonisa pada setiap orde. Spektum harmonisa adalah komponen yang digunakan untuk melihat nilai harmonisa secara jelas dari bentuk gelombangnya. Pada spektrum harmonisa yang mempunyai orde dominan yang sama yaitu 5th dan 7th.



Gambar 4.6 Grafik keuaran arus dan tegangan terpasang Filter Aktif *Shunt*

Gambar 4.6 menunjukkan tentang grafik keluaran pada arus dan tegangan setelah pemasangan filter aktif *shunt* pada MDP terlihat gelombang arus mendekati gelombang sinusoida sempurna, walaupun masih terlihat terdistorsi. Namun masih sesuai standarisasi IEEE 159-1992.



Gambar 4.7 Spektrum arus dan tegangan harmonisa terpasang filter Aktif *shunt*

Pada Gambar 4.7 dapat terlihat pada spektrum harmonisa terjadi penurunan pada semua orde.



Gambar 4.8 THDi dan THDv (%) Terpasang Filter Aktif *Shunt*

4.5 Hasil Perbandingan Tanpa dan terpasang filter aktif *Shunt*

Tabel 4.2 Performa sistem (arus) tanpa dan terpasang filter aktif *Shunt*

Konfigurasi Sistem		Tanpa filter aktif shunt	Terpasang filter aktif shunt
Harmonisa Arus	3 th	0.006	0.0053
	5 th	0.032	0.0175
	7 th	0.0106	0.0082
	9 th	0.0006	0.0016
	11 th	0.0018	0.0021
	13 th	0.0006	0.0007
	15 th	0.0004	0.0002

Tabel 4.3 Performa sistem (tegangan) tanpa dan terpsang filter aktif *Shunt*

Konfigurasi Sistem		Tanpa filter aktif shunt	Terpasang filter aktif shunt
Harmonisa Tegangan	3 th	0.0010	0.0011
	5 th	0.0094	0.0051
	7 th	0.0044	0.0033
	9 th	0.0004	0.0005
	11 th	0.0012	0.0013
	13 th	0.0003	0.0004
	15 th	0.0003	0.0002

- Perhitungan untuk THD

$$THDi = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}}{I_1}$$
 (THD untuk arus)(4.1)

$$THDv = \frac{\sqrt{v_2^2 + v_3^2 + v_4^2 + \dots + v_n^2}}{v_1}$$
 (THD untuk tegangan).....(4.2)

- Perhitungan THD arus tanpa filter aktif *shunt*

$THDi$

$$= \frac{\sqrt{\left(\frac{0.006}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.032}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0106}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0006}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0018}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0006}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0004}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\left(\frac{0.2254}{\sqrt{2}}\right)}$$

$$= 0.155 \times 100 \% = 15.5 \%$$

- Perhitungan THD arus terpasang filter aktif *shunt*

$THDi$

$$= \frac{\sqrt{\left(\frac{0.053}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0175}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0082}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0016}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0021}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0007}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0002}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\left(\frac{0.3995}{\sqrt{2}}\right)}$$

$$= 0.0508 \times 100 \% = 5.08 \%$$

- Perhitungan THD tegangan tanpa filter aktif *shunt*

$THDv$

$$= \frac{\sqrt{\left(\frac{0.0010}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0094}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0044}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0004}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0012}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0003}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0003}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\left(\frac{0.2118}{\sqrt{2}}\right)}$$

$$= 0.05 \times 100 \% = 5 \%$$

- Perhitungan THD tegangan terpasang filter aktif *shunt*

$THDv$

$$= \frac{\sqrt{\left(\frac{0.0011}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0051}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0033}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0005}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0013}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0004}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.0002}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\left(\frac{0.2054}{\sqrt{2}}\right)}$$

$$= 0.0314 \times 100 \% = 3.14 \%$$

Tabel 4.4 Performa sistem perbandingan (arus dan tegangan) tanpa dan terpasang Filter aktif *Shunt*

Konfigurasi Sistem		Tanpa Filter aktif <i>shunt</i>	Terpasang filter aktif <i>shunt</i>
Analisa THD	I	15.5 %	5.08 %
	V	5.0 %	3.14 %

Dari Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa setelah pemasangan filter aktif *shunt* untuk THDi berhasil tereduksi 10.42%. yaitu dari 15.5% menjadi 5.08 % dan untuk THDv dari 5 % menjadi 3.14 % tereduksi sebanyak 1.86 %.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil perbandingan simulasi arus dan tegangan harmonisa antara tanpa dan terpasang filter aktif dengan menggunakan *software PSCAD/EMTDC Power Simulation* yaitu tanpa filter aktif *shunt* untuk harmonisa arus sebesar 15.5% setelah pemasangan menjadi 5.08 % pemasangan filter aktif *shunt* dapat mereduksi gangguan harmonisa arus sebesar 10.42 % dan untuk tegangan dari hasil simulasi 5% menjadi 3.14 % maka arus dan tegangan harmonisa telah sesuai standarisasi IEEE 519-1992 yaitu untuk $V_{rms} \leq 69$ kV harmonisa arus $\leq 15\%$ dengan beban antara 100-1000 A dan untuk harmonisa tegangan $\leq 5\%$.

5.2 Saran

Pemasangan kapasitas filter aktif bisa disesuaikan dengan yang ada di pasaran Indonesia. Untuk penempatan filter aktif sebaiknya menggunakan metode algoritma dalam optimasi penempatan agar kerja filter aktif lebih bagus dalam menjaga beban kritis pada sebuah sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://www.wikipedia.com / harmonisa>
- [2] I Wayan Rinas (2011) *"Analisi Perbandingan Penggunaan filter pasif dan filter aktif untuk menanggulangi THD pada sitem kelistrikan di ruang poskom jurusan teknik elektro fakultas teknik universita udayana "*
- [3] I. Daut , H.S Syafuddin, dkk (2006) *the effects of harmonic Components On Transformer Losses Of SinunusoidalSource Supplying. Non-linear Loads, Malasysia : Science Publication*
- [4] H. Fujita and H. Akagi,(1991) *A Practical Approach to Harmonic Compensation in Power Systems - Series Connection of Passive and Active Filters'*, IEEE Trans. on Ind.Applications, vol.27, No.6, Nov/Dec,
- [5] Dennis J.Hansen,(1998) *Harmonic Distortion. Engineering Standarand And Technical Support Departement, Salt Lake City : PasifiCorp,*
- [6] H. Akagi, Watanabe, E.H. dan Aredes. M, (2007) *"Instantaneous Power Theory And Applications to Power Conditioning"*
- [7] Rahim Frihatna S.(2011) *"Analisa Efektifitas Implementasi Hybrid Active Power Filter Untuk Mereduksi Harmonisa pada Jaringan Ditribusi 20 kV"*
- [8] Donny Yuli F (2013)*"Analisa Pemasangan Shunt Active Power Filter Untuk Mereduksi gangguan harmonisa pada PT. Sekar Tanjung Menggunakan software PSCAD/EMTDC*
- [9] Salam Z,dkk. (2006). *Harmonics Mitigation Using Active Power Filter: A Technological Review. Department of Energy Conversion, Faculty of Electrical Engineering, University Teknologi Malaysia, ELEKTRIKA, 8(2),*
- [10] IEEE Std. 519-1992. (1992) *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Power Systems, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*

- [11] M. Aredes,(2003) “ *New Conceots Of and its Applicaton on Active Filter,*”(in Portuguese) *M.Sc Thesis*, COOPPE-Federal Unversiy of rio de Janeiro, Brasil,Nov 1991
- [12] Priama (2015) “*Analisis Reduksi Harmonisa Pada Variable Speed Drive (VSD) Menggunakan Filter Pasif Dengan Beban Motor Induksi Tiga Fasa Pada PT. Easterntex Pandaan*”

LAMPIRAN



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

ERSERO) MALANG
NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Catur Fitriyo Antono Sasmito Nugroho
NIM : 1212026
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
Judul Skripsi : **IMPEELEMNTASI FILTER AKTIF SHUNT
UNTUK TOTAL HARMONIC DISTORSION (THD)
DI PT. INDANA PAINT MALANG MENGGUNAKAN
SOFTWARE PSCAD/EMTDC**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Kamis,
Tanggal : 18 Agustus 2016
Dengan Nilai : **72.1 (B+)**

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP.P. 1030100361

Anggota Penguji

Penguji I

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 1018800189

Penguji II

Ir. Eko Nurcahyo, MT
NIP. Y. 1028700172



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : CATUR FIRIYO ANTONO SAIMITO NUGROHO
NIM : 1213026
Semester :
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-I
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK TELEKOMUNIKASI
Alamat : Jl. L.A. Sekeloa Gang timur 1A. Malang.

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh matakuliah > 132 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas
Recording Teknik Elektro S-I

(Pongsi Handayani)

Disetujui
Ketua Prodi Teknik Elektro S-I

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP. P. 1030100358

Malang,.....201

Pemohon

(CATUR FIRIYO A.S.N)

Mengetahui
Dosen Wali

(.....)

Catatan:

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Prodi T. elektro S-I

- 1 18/4/2013
- 2 13/8
- 3



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-220/EL-FTI/2015

8 Maret 2016

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (**Baru**)

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Teguh Herbasuki, Ir., MT
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Catur Fitriyo A.S.N

Nim : 1212026

Fakultas : Teknologi Industri

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : T. Energi Listrik S1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

“ Semester Genap Tahun Akademik 2015-2016 ”

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik
Elektro S-1



M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-220/EL-FTI/2015

8 Maret 2016

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (**Baru**)

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Lauhil Hayusman, ST., MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Catur Fitriyo A.S.N

Nim : 1212026

Fakultas : **Teknologi Industri**

Program Studi : **Teknik Elektro S-1**

Konsentrasi : T. Energi Listrik S1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2015-2016"

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui



Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama : Catur Fitriyo Antono Sasmito Nugroho
Nim : 1212026
Masa Bimbingan : Semester Genap 2015 – 2016
Judul : Implemetasi Filter Aktif *Shunt* Untuk Mereduksi
Total Harmonic Distortion (THD) di PT. Indana Paint Malang
Menggunakan *Software* PSCAD/EMTDC

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	9-05-2016	Revisi Sempro dan Konsultasi Pengambilan Data	
2	17-05-2016	Menujukan Hasil Pengukuran THD	
3	24-05-2016	Menujukan Gambar <i>Single Line</i> dan Lengkapi Data	
4	12-06-2016	Menujukan Bab I dan Bab II	
5	19-06-2016	Acc Bab I dan Bab II	
6	21-06-2016	Meujukan Bab III, IV dan V	
7	25-06-2016	Acc Bab III, IV dan V	
8	01-08-2016	Abstrak dan Daftar Pustaka	
9	12-08-2016	Acc Lembar Persetujuan Kompre	
10	16-08-2016	Acc Laporan Skripsi	

Malang, Agustus 2016

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP.Y. 1038900209



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI

SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama : Catur Fitriyo Antono Sasmito Nugroho
Nim : 1212026
Masa Bimbingan : Semester Genap 2015 – 2016
Judul : Implemetasi Filter Aktif *Shunt* Untuk Mereduksi
Total Harmonic Distortion (THD) di PT. Indana Paint Malang
Menggunakan *Software* PSCAD/EMTDC

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	9-05-2016	Revisi Sempro dan Konsultasi Pengambilan Data	
2	17-05-2016	Menunjukan Hasil Pengambila Data dan Revisi Gambar <i>Single Line</i>	
3	23-05-2016	Lengkapi data, Penempatan Filter di MDP/SDP ?	
4	24-07-2016	Revisi Bab I dan Bab II	
5	29-07-2016	Acc Bab I dan Bab II	
6	01-08-2016	Revisi Bab III, Bab IV dan Bab V	
7	08-08-2016	Abstrak dan Daftar Pustaka	
8	10-08-2016	Acc Bab III, IV dan V	
9	12-08-2016	Daftar Isi dan Kata Pengantar	
10	15-08-2016	Acc Laporan Skripsi	

Malang, Agustus 2016

Dosen Pembimbing II

Lauhil Mahfudz Hayusma, ST., MT

NIP.P. 10314000472



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN-233/EL-FTI/2015
Lampiran : -
Perihal : Survey Pengambilan Data Skripsi

14 Maret 2016

Kepada : Yth.Bp. **Pimpinan PT. INDANA PAINT**
di – Malang

Dengan hormat,

Bersama ini kami mohon kebijaksanaan Bapak/Ibu agar mahasiswa kami dari Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi T. Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang dapat diijinkan untuk melakukan survey dalam rangka pengambilan data skripsi, mulai tanggal 15 Maret 2016 sampai dengan 30 April 2016.

Mahasiswa tersebut adalah:

No	Nama	NIM
1.	Catur Fitriyo Antono S. N.	1212026
2.		
3.		
4.		

Demikian atas perhatian dan kebijaksanaannya kami ucapkan terima kasih.



Ketua
Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

Malang, 12 Mei 2016

pada Yth,
Bapak/Ibu Direktur
Institut Teknologi Nasional
Bendungan Sigura-gura N0. 2 Malang – Kampus I
Raya Karanglo, Km 2 Malang – Kampus II

. M. Ibrahim Ashari, ST, MT – Ketua Program Studi Teknik Elektro S -I

ngan hormat,

Prihal : Permohonan Survey Pengambilan Data Skripsi

menindak lanjuti surat Bapak nomor : ITN-233/EL-FTI/2015 mengenai prihal tersebut di atas, dengan kami menyampaikan bahwa PT INDANA PAINT tidak keberatan menerima mahasiswa Bapak untuk melaksanakan Survey Pengambilan Data Skripsi pada 15 Maret – 30 April 2016 sebagaimana tersebut di bawah ini :

Nama	NIM
Catur Fitriyo Antono S. N.	1212026

mikian untuk diketahui dan terima kasih atas perhatian serta kerjasamanya.

rmah kami,
Indana Paint



(anto)



PT. INTI DAYA GUNA ANEKA WARNA



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

KONSENTRASI		T. Energi Listrik S1	
1.	Nama Mahasiswa	Catur Fitriyo A.S.N	
	NIM	1212026	
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu
	Pelaksanaan	9 April 2016	
	Tempat / Ruang	1-4	
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang *)		
	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Embedded System	i. Sistem Informasi
	b. Konversi Energi	f. Antar Muka	j. Jaringan Komputer
	c. Sistem Kendali	g. Elektronika Telekomunikasi	k. Web
	d. Tegangan Tinggi	h. Elektronika Instrumentasi	l. Algoritma Cerdas
4.	Judul Proposal yang diseminarkan mahasiswa	Implementasi Filter Aktif Shunt Untuk Mereduksi Distorsi Harmonisa Total Di PT. Indana Paint Malang menggunakan Software SCAD/EMTDC	
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
6.	<p>Catatan :</p> <p>- teori p-q atau d-q ?? dicet lagi.</p> <p>- Konsistensi dalam pembahasan, kalau harmonisa, apakah harmonisa arus atau harmonisa tegangan atau keduanya.</p> <p>- Segera relative pengurangan / pengurangan data harmonisa.</p> <p>- Urutan besaran & barisan / - Tugan kedua & seri,</p>		
7.	Catatan :		
	Persetujuan Judul Skripsi		
	Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II
	Mengetahui, Ketua Jurusan	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing	
		Pembimbing I	Pembimbing II
	M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P. 1030100358		
		Teguh Herbasuki, Ir., MT	Lauhil Hayusman, ST., MT

Keterangan :

*) dilingkari a, b, c, sesuai dengan bidang keahlian

[illegible]

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Catur Fitriyo ASN
NIM : 1212026
Perbaikan meliputi :

1. Flowchart diperbaiki algoritmanya.
2. Dilengkapi teori yang berhubungan dengan harmonisa.
3. Judul gambar yang diambil dari referensi daftar pustaka diberi indeks nomor sesuai dengan urutan daftar pustaka.
4. Pembahasan dan analisis lebih detail.
5. Kesimpulan disempurnakan.

Malang, 18-8-2016

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

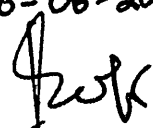
Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : CATUR PITRIYO A.S.I
NIM : 1212026
Perbaikan meliputi :

- Dst teori or THO di tambahkan. + Contoh perhitungannya!
- Revisi title : \rightarrow Berdasar Masalah
 - \rightarrow Analisa
 - \rightarrow Kesimpulan.
- Tampilkan hasil nilai ulah dari setiap ulah sesuai THO nya.
- Flow chart di tambahkan.

Malang, 18-08-2016


(EKO.N)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

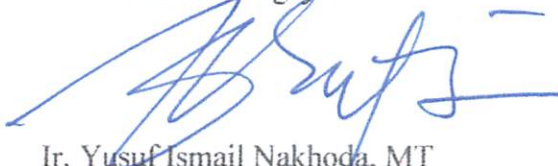
Hari/Tanggal : Kamis, 18 Agustus 2016

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

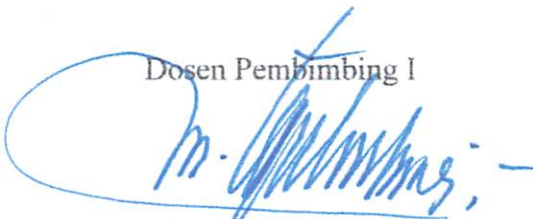
Nama : Catur Fitriyo Antono Sasmito Nugroho
NIM : 1212026
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **Implementasi Filter Aktif *Shunt* Untuk Mereduksi Total Harmonic Distortion (THD) di PT. Indana Paint Malang Menggunakan Software PSCAD/EMTDC.**

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Perbaikan algoritma Flowchart	<i>Buy</i>
2.	Dilengkapi teori yang berhubungan dengan harmonisa	<i>Buy</i>
3.	Judul gambar yang diambil dari refrensi daftar pustaka diberi nomer indek nomor sesuai dengan urutan daftar pustaka	<i>Buy</i>
4.	Pembahasan dan analisa lebih detail	<i>Buy</i>
5.	Kesimpulan disempurkan	<i>Buy</i>


Dosen Penguji I


Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 1018800189

Dosen Pembimbing I


Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Dosen Pembimbing II


Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT
NIP. P. 1031400472



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari/Tanggal : Kamis, 18 Agustus 2016

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Catur Fitriyo Antono Sasmito Nugroho
NIM : 1212026
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **Implementasi Filter Aktif *Shunt* Untuk Mereduksi Total Harmonic Distortion (THD) di PT. Indana Paint Malang Menggunakan Software PSCAD/EMTDC.**

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Dasar teori dari THD ditambahkan dan contoh perhitungan	Selesai
2.	Revisi untuk (Batasan masalah, Analisa, Kesimpulan)	Selesai
3.	Tampilkan hasil nilai untuk arus & tegangan untuk setiap THDnya	Selesai
4.	Flowchart ditambahkan	Selesai

Dosen Penguji II

Ir. Eko Nurcahyo, MT
NIP. Y. 1028700172

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Dosen Pembimbing II

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT
NIP. P. 1031400472

Biografi Penulis



Nama lengkap Catur Fitriyo Antono Sasmito Nugroho lahir di Malang, Jawa timur tanggal 27 Maret 1994. Merupakan anak ke-3 dari 4 bersaudara dari pasangan Bapak Agus Susianto dan Ibu Chusniyah. Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Islam. Adapun riwayat pendidikan penulis. Dimulai dari TK Muslimat NU 8 Malang lulus pada 2000. Selanjutnya melanjutkan di SD Negeri Pandanwangi 1 Malang lulus pada tahun 2006. Lalu melanjutkan di SMP Tamansiswa (Taman Dewasa) Malang lulus pada tahun 2009. Setelah lulus SMP melanjutkan ke SMK

Negeri 6 Malang dengan jurusan Teknik Ketenagalistrikan lulus tahun 2012. Kemudian pada tahun yang sama melanjutkan kuliah di Institut Teknologi Nasional Malang jurusan Teknik Elektro S-1 konsentrasi Teknik Energi Listrik.